
22500574884

Kristallisation, Fermentation, Zelle und Leben.

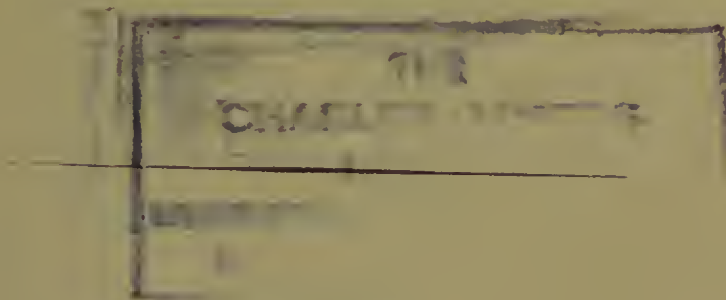
Eine biologisch-philosophische Studie

von

Dr. E. Krompecher,
Privatdozent für pathologische Histologie und Bakteriologie.

Aus dem patholog.-anat. Institute Nr. II der königl. ung. Universität zu Budapest
(Dir.: Prof. Dr. O. Pertik).

Mit 40 Figuren im Text.



Wiesbaden.
Verlag von J. F. Bergmann.
1907.

Druck von Carl Ritter in Wiesbaden.

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort.

Als ich vor etwa 12 Jahren darauf hinzuweisen suchte, dass die mehrfache indirekte Kernteilung bei Tier- und Pflanzenzellen unter embryonalen und pathologischen Verhältnissen gewisse Analogien mit Kristallisationsprozessen erkennen lässt, indem die Anordnung der Kernspindeln und der Tochterkerne genau den Kanten und den Spitzen eines Tetraeders, Oktaeders und Hexaeders entspricht, stand ich vor einem Befund, der mir tief in die Biologie einzugreifen schien und der mir damals und seither viel nachzudenken gab. Trotzdem ich dieses Thema auch weiterhin mit grösstem Interesse verfolgte und auch weitere Studien über Mehrteilungen, insbesondere bei bösartigen Tumoren, veröffentlichte, begnügte ich mich bisher stets mit der Publikation der nackten Tatsachen und sah von einer allgemeineren Beurteilung dieser Befunde ab.

Später zeigten mir im Pasteur'schen Institut zu Paris angestellte Versuche, dass Tuberkulose mit allen ihren typischen histomorphologischen Kriterien auch durch sicher abgetötete Tuberkelbazillen erzeugt werden könne und dass sich demnach auch gewisse Infektionskrankheiten, so die Infektionstuberkulose über das, von mir als Intoxikationstuberkulose genannte Glied hinweg der grossen Kette von Intoxikationserkrankungen anreihen lassen.

Hiedurch waren einerseits gewisse morphologische Beziehungen zwischen Kristallisation und Leben resp. zwischen anorganischem und organischem Geschehen aufgedeckt, andererseits auf ein ähnliches biologisches Verhalten lebender und abgetöteter Mikroben hingewiesen.

Durch diese Befunde angeregt, suchte ich in der Literatur der Naturwissenschaft nach weiteren Verbindungsgliedern zwischen organischem und anorganischem Geschehen, trachtete meine Befunde mit denen der Literatur in Einklang zu bringen, bemühte mich Berührungs- und Trennungspunkte

zwischen Lebendem und Leblosem festzustellen und kam schliesslich dahin, auch auf die Fragen der Erscheinung, Entstehung und der Deutung des Lebens einzugehen.

Diesen eigenen und literarischen Studien, welche zum Teil schon tief in das Gebiet der Philosophie eingreifen, verdankt vorliegende Broschüre ihre Entstehung.

Besondere Sorgfalt wurde auf eine zeitgemäfse Behandlung der Fragen hinsichtlich der Deutung des Lebens und des Vitalismus gelegt und namentlich auch auf das teleologische Prinzip etwas ausführlicher eingegangen. Und sollte es mir gelungen sein, diese Gebiete von einem bisher wenig berücksichtigten Gesichtspunkte aus zu beleuchten und hiedurch auch nur einigermafsen zur Klärung dieser biologischen Probleme beigetragen zu haben, so soll mein Bemühen reichlich belohnt sein.

Um die Übersichtlichkeit dieser Studie zu heben und um nicht allzu weitläufig zu werden, sah ich von einer ausführlichen Besprechung der Literaturangaben vielfach ab, trachtete vielmehr bloss das Wesentliche hervorzuheben und möchte bezüglich der Einzelheiten auf die Hand- und Lehrbücher namentlich der Biologie, Physiologie und Pathologie verweisen.

Budapest, Herbst 1906.

Krompecher.

I. Kapitel.

Beziehungen zwischen Leben und Tod.

Leben — Tod. Wie verschiedene Vorstellungen erwecken diese Begriffe. Wie ruhig sieht der fromme, dem allmächtigen Gott vertrauende Mensch mit dem Bewusstsein der Auferstehung zum ewigen Leben dem herannahenden Tode ins Auge; und wie ganz anders urteilt in diesen Fragen das forschende Auge des modernen Biologen. Dem Laien scheint mit dem letzten Pulsschlag, mit dem letzten Atemzug der plötzliche Übergang vom Leben zum Tod einzutreten; der Biologe hingegen findet selbst im lebenden Körper partiellen Tod und im toten Körper noch Stunden und Tage lang anhaltendes Leben. Denn Zellen und Zellkomplexe sterben bekanntlich im lebenden Körper beständig ab und die Herz- und Lungentätigkeit kann von der Bewegung der Flimmerzellen und von der Ortsveränderung der Spermatozoën um Stunden, ja selbst um Tage überlebt werden. Dort scheint der Übergang vom Leben zum Tod ein plötzlicher, hier ein allmählicher.

Fragen wir nun nach der Ursache dieser so abweichenden Auffassung von Leben und Tod, so finden wir dieselbe in der verschiedenen Betrachtungsweise gegeben. Im Volksglauben erscheint das Leben bloss an den Pulsschlag, an das Atmen gebunden und in der Definition des Lebens kommt diesen Organfunktionen der wesentliche Anteil zu; der Biologe hingegen spricht auch von zellulären Lebenserscheinungen und hebt in der Definition des Lebens auch gewisse Zellfunktionen hervor.

Das Leben des Menschen ist an die Funktion gewisser Organe, das der Zellen an gewisse Zellenfunktionen gebunden und so bleiben im Grunde genommen beide Auffassungen des Lebens im Recht bestehen.

Bekanntlich kann sowohl das Organ- als auch das Zellleben, genauer ausgedrückt sowohl das Leben von Zellkomplexen, wie das einzelner Zellen aktuell und potentiell oder latent sein. Bei der Definition des aktuellen Lebens wird der Nachdruck auf gewisse Lebenserscheinungen gesetzt und auf Leben aus diesen Lebenserscheinungen gefolgert.

Nun gibt es aber einen Zustand des Lebens, ich meine das potentielle Leben der Samen, der Bakteriensporen, wobei trotz genauester Prüfungen keine Lebenserscheinungen, kein Gas-, kein Wärme-,

kein Stoffwechsel ermittelt werden konnte und welches sich bloss darin äussert, dass die Zellkomplexe und Zellen aus diesem Zustande in einem geeigneten Milieu zu aktuellen Leben erwachen.

Wollte man nun an der oben gegebenen Definition des aktuellen Lebens im allgemeinen festhalten und von Leben bloss dann sprechen, wenn der erwähnte Stoff-, Gas- und Wärmeumsatz nachweisbar ist, so müsste man konsequenterweise das potentielle oder latente Leben von dem Lebensprozesse im allgemeinen ausschliessen.

Und dies wird auch oft getan und dieses „potentielle Leben" der Getreidekörner und der Bakteriensporen dem Tode nähergestellt und als „Scheintod" bezeichnet.

Mithin nimmt nun aber dieses potentielle Leben eine Mittelstellung zwischen Leben und Tod ein, verbindet beide Zustände gewissermaſsen miteinander und zeigt, dass die Beziehungen zwischen Leben und Tod auch in physiologischer Beziehung viel engere sind, als im allgemeinen noch vielfach angenommen wird. Aktuelles Organleben und Zellleben, potentielles Organleben und Zellleben resp. Scheintod und tote Substanz stellen bloss verschiedene Stufen eines physiologischen Prozesses dar. Wollen wir diesen, ich möchte sagen Entwickelungsprozess des Lebens schildern resp. plausibel machen, was unter dem Lebensprozess im allgemeinen zu verstehen sei, so können wir dies bloss durch mehr oder weniger genaue Definition der einzelnen Stadien erreichen; von einer Definition des Lebens im allgemeinen aber kann keine Rede sein. Schon Claude Bernard wies darauf hin, dass man das Leben nur charakterisieren, nicht aber in eine einzige Formel zwängen könne.

Wie wir in der Pathologie an Stelle der Krankheiten richtig bloss von Erkrankungen, d. h. von Krankheitsprozessen sprechen und das Gesamtbild der Erkrankung durch Summation der verschiedenen Erkrankungsstadien gewinnen, so sollte man sich auch in der Biologie noch mehr daran gewöhnen das Leben mehr als einen Prozess zu betrachten und an Stelle einer einzigen Definition des Lebens mehr die einzelnen Komponenten dieses Prozesses zu definieren.

Die Kette, die beim Scheintod beginnend bis zum aktuellen Leben den physiologischen Lebensprozess darstellt, kann zum Teil über das Gebiet der Pathologie durch die Erkrankungen hinweg bis zum Tod zurück geschlossen werden.

Der Tod stellt den Abschluss des Lebensprozesses dar: er entsteht, entwickelt sich gleichsam aus dem Leben. Bloss was einmal gelebt, kann tot werden.

Ob aber das Lebende unbedingt sterben muss, ist noch eine in Diskussion befindliche Frage. Denn während der Tod für gewöhnlich als eine notwendige, allgemeine, allen Lebewesen zukommende Erschei-

nung aufgefasst wird, halten einige Autoren seit und mit Weismann die einzelligen Protozoën potential für unsterblich, da bei der Fortpflanzung derselben durch einfache Zweiteilung stets dieselben Individuen erhalten bleiben. Ohne auf diese Frage hier näher einzugehen und ohne in dieser Frage Stellung nehmen zu wollen, sei bloss kurz erwähnt, dass der Weismannschen Auffassung besonders Götte, Verworn, R. Hertwig, M. Hartmann und E. v. Hartmann entgegentraten. Nach M. Hartmann[1]) fällt der Tod immer mit der Fortpflanzung zusammen. Tod und Fortpflanzung vollziehen sich zwar bei zahlreichen Protozoën unter Zurücklassen einer Leiche, doch ist das Auftreten einer Leiche nicht das Wesentliche beim Tode, wie dies Weismann annimmt. Die Leiche — worunter auch die Restkörper gemeint sind — kann minimal sein, sie kann nur aus toten Protoplasmaprodukten bestehen, ja sie kann völlig fehlen. In den letztgenannten Fällen verschleiert die Fortpflanzung gewissermafsen den Tod, indem die Gesamtsubstanz des Eltertieres direkt in die jungen Kindindividuen übergeführt werden kann. Als das Wesentliche des Individuentodes sei mithin nicht die Leiche, sondern der Abschluss der individuellen Entwicklung anzusehen, welche allen, auch den einfachsten Lebewesen, zukommt. Die Fortpflanzung, d. i. der Beginn einer neuen individuellen Entwicklung, muss aber bei den Protozoën — in Anbetracht der morphologisch bloss durch eine einzige Zelle repräsentierten Organisation — unbedingt mit dem Tode zusammenfallen. Die Frage nach den inneren Ursachen des natürlichen Todes fällt zusammen mit der Frage nach den Ursachen der Fortpflanzung. Tod und Fortpflanzung sind gewissermafsen nur die negative und positive Seite desselben Problems, das ein Problem der Entwicklung ist.

Wie der Zoologe Hartmann, so lässt auch der Philosoph E. v. Hartmann[2]) den Tod und die Fortpflanzung in so innige Beziehungen treten, dass eigentlich beide ein und dasselbe, von verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet, darstellen. Beim Tod sei nicht auf die Leiche, sondern auf den Verlust der Individualität das Hauptgewicht zu legen. Der Tod tritt nicht bloss da ein, wo das Plasma des Individuums aufhört zu leben oder lebensfähig zu sein, sondern wo das Individuum aufhört zu existieren. Bei den Protozoën ist der Geburtsakt der beiden Tochterindividuen zugleich auch der Tod des Mutterindividuums; die Mutter opfert bei ihrem Tode ihre Individualität, um sie den beiden Kindern zu schenken.

Dem Tod gegenüber ist der Begriff des Leblosen ein viel mehr umfassender. Tote Substanz ist auch leblos, nicht alle leblose Substanz

[1]) Hartmann, M.: Tod und Fortpflanzung. München 1906.

[2]) E. v. Hartmann: Das Problem des Lebens. Hermann Haacke. Bad Sachsa 1906, p. 295.

aber ist zugleich tote Substanz. Das Tote stellt bloss einen Teil des Leblosen dar. Der grösste Teil des letzteren aber scheint nie gelebt zu haben und kann daher auch nicht als tot bezeichnet werden.

Die lebende resp. tote Materie wird im allgemeinen als organisierte resp. organische Materie bezeichnet und gewissermafsen der leblosen, doch nachweisbar nie gelebten anorganischen Materie gegenübergestellt.

Dies vor Augen haltend lässt sich der Kreislauf der Materie graphisch ganz allgemein folgendermafsen darstellen (Fig. 1):

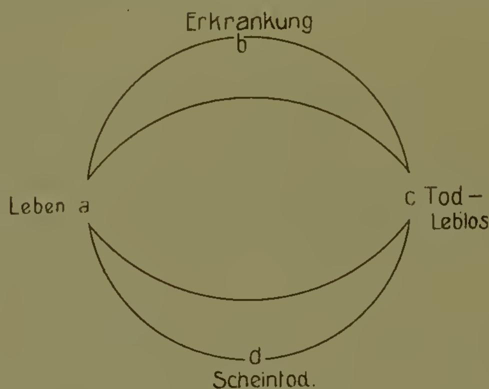


Fig. 1.

Das Glied a—c — insofern es sich hier um den Alterstod handelt — und das Glied a—d dieses Kreislaufes gehören dem Gebiete der Physiologie. die Glieder a—b—c der Pathologie an.

Die Distanz a—d des Prozesses, d. h. die Rückkehr des aktuellen Lebens zum potentiellen Leben, sowie die Erweckung des letzteren zum aktuellen Leben ist auch experimentell leicht zu erforschen.

Trotzdem auch der Übergang vom Leben zum Tod über die Erkrankungen hinweg. d. h. die Distanz a—b—c gut bekannt ist und auch die Rückkehr der Krankheitsprozesse zum normalen Leben gut erforscht ist. legen sich doch der Erforschung dieses Teiles des Materiekreislaufes noch namhafte Hindernisse in den Weg.

Ganz und gar unbekannt aber ist der Weg vom Tod resp. vom Leblosen zum Lebenden, d. h. der Weg c—a, der zwar im Glauben von der Auferstehung zum ewigen Leben vertreten, teilweise auch untersucht, aber nichts weniger als erforscht ist.

Wenn ich diese in der Biologie vertretenen Beziehungen zwischen Leben und Tod hier wieder einmal übersichtlich zu rekapitulieren suchte, so tat ich dies nur, um ein Schema und hierdurch anschauliche Anknüpfungspunkte für unsere weiteren Betrachtungen zu gewinnen.

In den folgenden Kapiteln sollen nun vor allem die Beziehungen zwischen Lebendem und Leblosen, d. h. die Distanzen a—c resp. c—a von mehr allgemeinen Gesichtspunkten aus besprochen werden.

Um namentlich der Frage nähertreten zu können, inwiefern eine Umwandlung lebloser Materie in lebende Substanz (c—a) angenommen, resp. inwiefern das Rätsel der Generatio spontanea naturwissenschaftlich beantwortet werden könne, muss vor allem darauf näher eingegangen werden, ob überhaupt durchgreifende resp. derartige Unterschiede zwischen lebloser resp. toter und lebender Substanz bestehen, welche als Kriterien von Tod und Leben zu betrachten sind und als Grundlage für eine allgemein giltige Definition des Lebens resp. gewisser Stadien desselben dienen können.

Wenn es sich darum handelt, zwischen lebendiger und toter resp. lebloser Substanz zu unterscheiden, so werden gewöhnlich physikochemische, morphologische und genetische Unterschiede angeführt. Im Sinne älterer Auffassungen sollte die Bewegung und die Irritabilität, die Zusammensetzung aus Zellen und Organen für das Leben charakteristisch sein: in neuerer Zeit werden besondere Arten der Teilung, Wachstum durch Intussusception, hochkomplizierte chemische Verbindungen, Enzymproduktion und ein gewisses Regulationsvermögen als gewissermafsen charakteristische Kriterien der lebenden Substanz angeführt. Seitdem man nun aber mit Hilfe verbesserter optischer Hilfsmittel auch die feinere morphologische Struktur der organischen und anorganischen Substanz studiert und seitdem sich herausstellte, dass sich lebende und leblose Verbindungen auch in chemisch-physikalischer und biologischer Beziehung gewissermafsen nähern, kam man zur Einsicht, dass viele der erwähnten Unterschiede keinesfalls prinzipielle Unterschiede darstellen.

Ohne auf all diese zum Teil längst zurückgewiesenen Differenzen einzeln näher einzugehen, möchte ich vielmehr die neuerer Zeit in den Vordergrund des Interesses gerückten Analogien der lebenden und leblosen Substanz in morphologischer und chemischer Beziehung behandeln und das Verhältnis der Kristallisation und der Fermentation zum Leben etwas ausführlicher besprechen.

II. Kapitel.

Kristallisation, Zelle und Leben.

Um die Beziehungen der Kristallisationsprozesse zum Leben möglichst klar zu veranschaulichen, möchte ich in diesem Kapitel Schritt für Schritt 1. auf die Beziehungen des Kristallisationsprozesses zu den organisierten Individuen im allgemeinen eingehen, hierauf 2. die verschiedenen Phasen des Kristallisationsprozesses (Kristalle, Kristallite, Kristalloide) besprechen, 3. das Verhältnis des Kristallisationsvorganges zu den leblosen Zellen resp. zu den organoiden Formen erörtern und dann erst 4. auf meine Studien eingehen, welche auffallend innige Beziehungen zwischen den Kristallisationsprozessen und den lebenden Zellen aufdeckten und unverkenntlich darauf hinweisen, dass auch bei der indirekten karyokinetischen Mehrteilung tierischer und pflanzlicher Zellen die bei der Kristallisation der toten Materie erkannten geometrischen resp. stereometrischen Gesetze walten.

* * *

1. Schon in den Schriften früherer Jahrhunderte findet man Angaben über die Beziehungen zwischen Kristallen, Pflanzen und Tieren. Die vielfach vertretene Meinung, wonach die Entstehung des Organismus geradezu als ein Kristallisationsvorgang zu betrachten sei, findet ihren poetischen Ausdruck im zweiten Teil von Goethes Faust, wo der Homunkulus geradezu durch Kristallisation entstanden gedacht wird. Doch während die Annahme des Herauskristallisierens der Organismen einer jeden handgreiflichen Stütze entbehrte, suchte man schon frühzeitig ganz ernstlich die Kristalle den Tieren und Pflanzen an die Seite zu stellen und nach Fock[1]) herrschte bis ins 18. Jahrhundert allgemein die Ansicht, dass die Kristalle gleich den Tieren und Pflanzen durch eine organisierte Kraft hervorgebracht werden. Namentlich der Umstand, dass Kristalle wachsen können, gab und gibt auch heute noch vielfach Veranlassung, selbe den Pflanzen und Tieren nahe zu stellen. Seit Linné bei der Einreihung eines Lebewesens in das System die

---

1) Fock: Einleitung in die chemische Kristallographie. Leipzig 1888.

morphologischen Merkmale herangezogen, betrachtete man die polyedrische Form als das wesentliche Merkmal der Kristalle und fasste sie. gleich den Organismen. vielfach als Individuen auf.

Und welche Rolle die Frage der Individualität und die Erscheinung des Wachstums auch heute noch bei der Beurteilung und Bewertung der Kristalle spielt. geht aus den Ausserungen hervorragender Forscher hervor.

Retgers[1]. ein angesehener Forscher auf dem Gebiete der Kristallographie, betrachtet die Kristalle ebenso wie die Pflanzen und Tiere als Individuen, welche mit ebenen Flächen fortwachsen können. sobald ihnen die nötige Nahrung zugeführt wird. Und gleich den Tieren und Pflanzen hat auch der Kristall ein Jugendstadium des raschen Wachstums und einen erwachsenen Zustand. wo er trotz reichlichster Nahrungszufuhr nicht grösser werden kann.

Ostwald[2]) weist auf die Analogie hin. welche zwischen dem Wachstum und der Vermehrung eines Bakteriums in seiner Nährflüssigkeit und eines Kristalles in seiner Mutterlauge besteht. Ebenso wie sich die Kolonien der Bakterien durch Anlagerung neu gebildeter Bakterien vergrössern. ebenso vergrössern sich auch bereits vorhandene Kristalle durch Anlagerung neu gebildeter jüngerer Kristalle. Und gleichwie das Bakterium bei Erschöpfen der Nährflüssigkeit Sporen bildet. doch seine Keimfähigkeit behält. ebenso bleibt auch die Keimfähigkeit der Kristalle erhalten. wenn die Lösung verdampft. die Kristalle ihr Keimwasser verlieren und verwittern. Erhitzen vernichtet die Keimfähigkeit sowohl der Sporen wie auch des verwitterten Kristallpulvers.

Auch Bütschli[3]) scheint es sehr fraglich. ob es berechtigt ist an dem Vergleich zwischen dem lebenden Individuum und dem Kristall zu zweifeln. Denn beide haben die charakteristische Eigenschaft gemein, dass sowohl ihre äussere Gestalt. als ihre innere Struktur wesentlich durch innere Bedingungen bestimmt wird. Auch insofern stellt er die Kristalle den lebenden Organismen an die Seite. als er ihnen mit Quincke[4]) eine zellartige, d. i. wabige. schaumige Struktur zuschreibt.

Nach Przibram[5]) bestehen namentlich hinsichtlich der Regeneration auffallende Analogien zwischen den Organismen und den Kristallen:

---

[1]) Retgers: N. Jahrb. f. Mineralogie. 2. p 192. 1895.

[2]) Ostwald: Naturphilosophie Leipzig 1902.

[3]) Bütschli: Mechanismus und Vitalismus. 1901. p. 79.

[4]) Quincke: Annalen der Physik. 1902, 7, 31.

[5]) Przibram, H.: Formenregulationen verletzter Kristalle. Zeitschr. f. Kristallogr. 1904, Bd. XXXIX

—.— Kristall-Analogien zur Entwickelungsmechanik der Organismen. Arch. f. Entwickelungsmech. 1906, Bd. 22 p. 207.

und hier ist es nicht bloss die Erscheinung an und für sich, sondern auch die Art und Weise des Verlaufes (die Grössenverhältnisse, die Wachstumsgeschwindigkeit mit Doppelbildungen und vorzeitigen Abschlüssen, die Orientierung nach verschiedenen Achsen, die Anpassung an künstliche Formen und die Beschleunigung durch Wärmezunahme), welche solche Analogieschlüsse zulässt

Und wenn schon früher Pfaundler[1]) und ganz neuestens Przibram[2]) über Versuche berichten, woraus hervorgeht, dass in konzentrierte Lösungen gebrachte Kristalle stets einzelne Teilchen wieder abgeben und andere aufnehmen und so bei den Kristallen neben dem statischen auch ein dynamischer Gleichgewichtszustand zu beobachten ist, so sind dies in der Tat sehr auffallende Analogien zwischen organischen und anorganischen Substanzen.

Von sonstigen Autoren, welche sich mit der Regeneration der Kristalle beschäftigen und sich zu gunsten eines analogen Verhaltens der Kristalle und der Organismen aussprechen, seien Jordan, Pasteur, Loir, Rauber, Spezia, Lehmann, Quincke, Sachs, Schroen, Spencer, Forster, Frankenheim erwähnt. Auf die Gleichteilung der Kristalle wies seinerzeit O. Schulze, auf deren Selbsttätigkeit Scharff hin und neuerer Zeit schreibt ihnen Minichen geradezu ein eigentümliches Leben zu und spricht von lebenden Kristallen.

Demgegenüber sprechen sich andere Forscher, namentlich Boweri Albrecht, Barfurth, Méhely, Zeleny, Weismann, Neumeister, Tiedemann, Schwalbe, Verworn und besonders Morgan gegen ein analoges Verhalten von Kristallen und Organismen aus, erblicken vielmehr im Wachsen der Kristalle nur ein äusseres Anschliessen, Anfügen, Approbieren von Teilchen und heben besonders hervor, dass der Kristall die Bedingungen, unter denen er wächst, unverändert lässt, während die Organismen selbe beständig zu ihren Gunsten verändern, sich der Umgebung anpassen und die zu ihrer Ergänzung notwendigen Stoffe selbst bilden.

Hinsichtlich der Detailuntersuchungen all dieser Autoren, sowie hinsichtlich der Literaturangaben sei auf die oben zitierte Arbeit Przibrams verwiesen, wo auch die pro und kontra erhobenen Angaben kritisch besprochen werden.

---

1) Pflaundler, L.: Neue Theorie zur Regelation des Eises. Sitzgsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. 59/II, 1869.
—.— Über die ungleiche Löslichkeit der verschiedenen Flächen eines und desselben Kristalles und der Zusammenhang dieser Erscheinung mit allgemeinen naturwissenschaftlichen Prinzipien. Wiener Akad. 72/II, 1875,

2) Przibram, H.: l. c.

Für die eventuellen Beziehungen zwischen Kristall und organisiertem Individuum dürften nach Bütschli die sogen. flüssigen Kristalle Lehmanns von besonderer Bedeutung sein, da sie die äussere Form des flüssigen Gleichgewichtszustandes, der ja auch bei den einfachsten Organismen die Grundform zu sein scheint, mit kristallinischen Eigenschaften der Substanz vereinigen.

Die Resultate seiner überaus interessanten und wertvollen Studien fasst Lehmann[1]) in seinem unlängst erschienenen Hauptwerk „Flüssige Kristalle“ zusammen, dem ich auch mehrere, auf den Kristallisationsprozess bezügliche Literaturangaben entnommen habe.

Obgleich die Aufstellung des Begriffes „Flüssige Kristalle“ — wie Lehmann in der Einleitung erwähnt — vielfach geradezu als ein Faustschlag ins Gesicht der Logik betrachtet wurde und die Bezeichnungen „flüssig“ und „Kristall“ im bisherigen Sinne vielfach als einander widersprechend aufgefasst werden, wird doch von maßgebenden Forschern auf physikalisch-chemischem Gebiete (Roozeboom, Schaum) rücksichtslos zugegeben, dass die Worte „fest“ und „flüssig“ nicht mehr geeignet sind, den Unterschied zwischen zwei Aggregatzuständen auszudrücken, die bei bestimmten Temperaturen und Drucken stets sprungweise in einander übergehen und hierbei die Entdeckung der flüssigen Kristalle berücksichtigt werden müsse. Und auch Bütschli hält die flüssigen Kristalle, trotzdem er deren Natur nicht für genügend aufgeklärt betrachtet, als sehr bedeutungsvoll für die Beurteilung organisierter Gebilde; umsomehr, als über die Aggregatzustände lebender Wesen die Meinungen so verschieden sind, indem das Protoplasma bald als „flüssig“, bald als „fest“, „festweich“ oder „gelatinös-flüssig“ bezeichnet wird.

Doch was versteht nun Lehmann unter seinen fliessenden und flüssigen Kristallen?

Fliessende Kristalle nennt Lehmann mikroskopische Kristalle, welche so plastisch sind, wie weiches Pech und die durch Oberflächenspannung an den Ecken und Kanten abgerundet, oder in elipsoidische oder zylindrische Form gebracht werden. Zwei in Berührung gebrachte Individuen fliessen vermöge der Wirkung der Oberflächenspannung zu einem zusammen. Solche fliessende Kristalle bildet beispielsweise das Jodsilber, durch welche Silber elektrolytisch ohne Störung der Struktur und Klarheit in beliebigen Mengen unsichtbar hindurchwandern kann. Als bestes Beispiel fliessender Kristalle aber wird Vorlanders p-Azoxybenzoesäureäthylester angeführt, dessen Verhalten im allgemeinen ganz dem des Jodsilbers entspricht. Ähnlich wie das hexagonal kristallisierende Jodsilber wird auch diese Substanz

[1]) Lehmann, O.: Flüssige Kristalle. Leipzig 1904.

bei Erhitzen über einen bestimmten Temperaturpunkt plötzlich in eine sehr weiche kristallinische, die fliessend kristallinische Modifikation, und bei Erhitzen über einen weiteren Temperaturpunkt in die flüssige Modifikation überführt. Um isolierte Kristalle zu erhalten, wird ein Lösungsmittel, am besten Kolophonium, zugesetzt und diese, aus fliessenden Kristallen bestehende syrupartige Modifikation kann unter gewöhnlichen Umständen jahrelang unverändert aufbewahrt werden. Mikroskopisch untersucht erscheinen die Abweichungen der Form von der kristallographisch korrekten ebenflächigen Begrenzung in der Nähe der Ecken und Kanten ganz erheblich; man kann förmlich greifbar wahrnehmen, dass der Kristall gewissermafsen in eine elastisch gespannte Oberflächenhaut eingeschlossen ist, welche ihn zur Kugel zu deformieren sucht, woran er aber durch die widerstehende Kraft der Elastizität gehindert wird. Erscheint der Kristall im freischwebenden Zustande genau kugelförmig und verhält er sich ebenso, wie ein Flüssigkeitstropfen, so wird er als flüssiger Kristall bezeichnet.

Als Ursache für die erwähnte Deformation der Kristalle werden in denselben sogenannte molekulare Richtkräfte angenommen, welche die oval oder länglich gedachten Kristallmoleküle so zu drehen vermögen, dass ihre kristallographische Orientierung identisch, oder eine den Zwillingsachsen entsprechende wird. Als Hinweise auf die Existenz solcher Richtkräfte wird die künstliche Zwillingsbildung und namentlich die Erscheinung der Translation angeführt, worunter seit Reusch[1]) und Mügge[2]) die Verschiebbarkeit von Kristallen in der Richtung kristallographisch bestimmter Flächen, den sogen. Gleitflächen, verstanden wird. Schon durch Druck zwischen den Fingern lassen sich Doppelsalze von Manganchlorür und Chlorkalium bis zu völlig linsenförmigen Querschnitt deformieren, ohne dass dadurch die Durchsichtigkeit merklich beeinträchtigt wird. Dass hierbei auch die Struktur nicht verändert wird, zeigte die Beobachtung Mügges, wonach ein in dieser Art deformierter Kristall sich beim Weiterwachsen wieder zu einem normalen Kristall ergänzt. Ausser den verschiedenen Salzen und Metallen, bei denen Mügge Translation beobachtete, seien besonders die Eiskristalle erwähnt, welche die seit lange bekannte Biegung von Eisstäben und zugleich auch die so interessante und bisher mehr oder weniger rätselhafte Erscheinung der Gletscherbewegung in neuem Lichte erscheinen lässt. Translation und Zwillingsbildung durch Druck ermöglichen nach Lehmann plastische Deformation fester Massen, ohne dass dabei eine Änderung der regelmäfsigen Molekularanordnung, der „Raumgitter“, eintritt, somit auch ohne jede durchgreifende

1) Reusch: Pogg. Ann. 1867, 132, p. 441.

2) Mügge, O.: N. Jahrb. f. Min. 1889, I, p. 159.

Änderung der physikalischen Eigenschaften (Schmelzpunkt, Löslichkeit, Dichte usw.), wie sie für eigentliches Fliessen der Masse angenommen wird und bei welchem sich die kleinsten Teile, wie bei Wirbelbewegungen in Flüssigkeiten dem Verlauf der hydrodynamischen Strömungslinien entsprechend wenden und drehen.

Hierdurch wären aber die Bedenken, welche man auf Grund der „Raumgittertheorie" gegen die Existenz der fliessend weichen und flüssigen Kristalle hegte, beseitigt.

Aus dem Gesagten folgt nach Lehmann, dass kein Grund vorliegt, die Kristalle überhaupt als solche Individuen zu betrachten, welche ein Wachstumszentrum und von diesem ausgehende Wachstumsachsen besitzen und dass es auch durchaus unzulässig ist, die Begrenzung durch ebene Flächen als notwendiges Merkmal eines Kristalles zu betrachten. Nicht die bei freiem, ungestörten Wachstum entstandene äussere Form ist es also, was das Wesen eines Kristalles ausmacht, sondern die Abhängigkeit des Kristallwachstums von der Richtung, die mittels des Polarisationsmikroskopes nachweisbare Anisotropie, welche die Form bedingt, ist das wesentliche. Die Achsen, welche sich durch die Art der Lichtbrechung charakterisieren, bedingen das wesentliche jedes Kristalls und diese Anisotropie kommt auch dadurch zum Ausdruck, dass überhaupt alle physikalischen Eigenschaften (Schubelastizität, äussere und innere Reibung, Kohäsion und Adhäsion, Leitfähigkeit für Wärme und Elektrizität, magnetische Permeabilität und Dielelektrizitätskonstante, Reflexion und Absorption des Lichtes), welche sich mit der Richtung ändern können, auch wirklich davon abhängen. Bloss die Molekulartheorie steht mit den Tatsachen in befriedigender Übereinstimmung und vom Standpunkte derselben kann man sich von der erwähnten Abhängigkeit der Eigenschaften von der Richtung leicht Rechenschaft geben. Für die Giltigkeit der unter Anwendung des Molekularbegriffes formulierten Gesetze gezogenen Schlüsse sei es durchaus gleichgiltig, ob es tatsächlich Moleküle gibt oder nicht, da ja die Gesetze bloss aussagen, dass die Naturvorgänge so verlaufen, „als ob" sie durch Moleküle, welche gewisse Kräfte aufeinander ausüben, veranlasst würden.

Auch nach Nernst[1]) muss man zur Erklärung der Kristallstruktur annehmen, dass zwischen den Molekülen Kräfte wirken, die ihre gesetzmäfsige Anordnung bedingen. Je grösser diese Kräfte sind, um so fester wird das Gefüge der Moleküle, um so schwerer deformirbar wird der Kristall. Werden diese Kräfte schwach, so ist es denkbar, dass bereits unter dem Einfluss der Erdschwere, wie auch der Kapillarspannung des Kristalles eine Deformation stattfindet, während eine

[1]) Nernst: Theoretische Chemie. 4. Aufl. Stuttgart 1903. p. 98.

Orientierung der Moleküle bestehen bleibt und so ein flüssiger Kristall entsteht.

Und neuestens zeigten Schenk[1]) und seine Schüler anlässlich ihrer Studien über die physikalischen Eigenschaften der flüssigen Kristalle, der kristallischen Flüssigkeiten und der Emulsionen, dass die Anisotropie als charakteristisches Merkmal flüssiger Kristalle und kristallischer Flüssigkeiten bloss innerhalb gewisser Temperaturgrenzen besteht. Sie beginnt beim Schmelzpunkte und dauert so lange, als die Flüssigkeit trüb bleibt und schwindet, sobald sich selbe aufzuklären beginnt. Bloss innerhalb dieser Schmelz- und Klärungspunkte besteht Anisotropie und bloss innerhalb dieser Grenzen gibt es flüssige Kristalle.

Welcher Art nun diese richtenden, orientierenden Kräfte in den Kristallen sind, darauf geht Lehmann nicht näher ein. Früher suchte er die Entstehung der Kristallstruktur durch knotenförmige elektrische Ströme zu erklären und bemerkt, dass Beckenkamp[2]) anlässlich seiner Untersuchungen über Ätzfiguren und thermoelektrisches Verhalten der Kristalle zuerst zu der Ansicht kam, dass die orientierende Wirkung der Kristallmoleküle hauptsächlich auf elektrostatische Kräfte zurückzuführen sei. Später neigt er der Annahme zu, dass neben diesen auch elektrodynamische Wirkungen zur Geltung kommen.

In einem neueren Aufsatz weist dann Lehmann[3]) auf Analogien völlig neuer Art zwischen fliessenden Kristallen und wirklichen Lebewesen hin. Sowohl diese Kristalle als auch das Protoplasma besitzen eine dem Flüssigkeitszustand nahestehende Konsistenz und beide lassen Erscheinungen der Kopulation, der Intussuszeption, der Teilung und gewisser Bewegungen erkennen. Die Kopulation, d. i. das Zusammenfliessen fliessender Kristalle, vollzieht sich ganz analog, wie bei Organismen. Durch Vereinigung mehrerer Kristallindividuen können rosettenartige Gebilde entstehen. Bei der Intussuszeption kann bei nicht zu sehr verschiedener Grösse der kleine Kristall vom grösseren einfach verspeist werden, ohne dass dessen Form eine Änderung erleidet. Die merkwürdigste Analogie der scheinbar lebenden Kristalle mit Organismen ist ihre Fähigkeit der Teilung. Diese tritt besonders bei Zwillingstropfen, bei bakterienartigen Stäbchen und bei schlangenförmigen Gebilden auf und besteht im Zerfall der Stäbchen in zwei gleichgeformte und gleichgebaute Stäbchen, oder im Auftreten einer Vorwölbung, die sich immer mehr vergrössert, bis die „Knospe" gleiche Grösse erreicht hat und abfällt. Die Bewegung endlich lässt sich in

[1]) Schenk, R.: Kristallinische Flüssigkeiten und flüssige Kristalle. Leipzig 1905.

[2]) Beckenkamp: Zeitschr. f. Krist. 1890, 1891 u. 1901. Bd. 17, 19, 34.

[3]) Lehmann: Scheinbar lebende fliessende Kristalle. Die Umschau 1906, Nr. 17.

geradezu verblüffender Wirkung verfolgen, wenn man Paraazoxyzimtsäureäthylester in einer sehr geringen Menge Monobromnaphtalin unter Erhitzung nahe bis zum Schmelzpunkt löst und das Abkühlen unter dem Mikroskop beobachtet. Bakterienartige Stäbchen schwimmen bald vorwärts, bald rückwärts; Kugeln drehen sich um ihre Achse. Schlangen krümmen und winden sich wie Würmer; Doppelkugeln zerfallen in einfache, einfache fliessen zu grösseren zusammen und verschmelzen blitzschnell mit anderen Gebilden. Fast möchte man, schreibt Lehmann, beim Anblick dieses Lebens und Treibens glauben, einen mit Infusorien erfüllten Wassertropfen vor sich zu haben.

Kurz zusammengefasst sind es daher die äussere Gestalt, das Wachstum, die Regenerationsfähigkeit, der dynamische Gleichgewichtszustand und die innere Struktur, nach Lehmann weiterhin die Kopulation, die Intussuszeption, die Teilung und die Bewegung, woraus auf Analogien zwischen Kristallen resp. fliessenden Kristallen und organischen Wesen gefolgert wird.

Der Vollständigkeit wegen erwähnt seien schliesslich diejenigen Angaben, welche auch vielfach [Haeckel[1]), Naegeli[2]), Mario Pilo[3])] bei der Frage hinsichtlich der Übereinstimmung von lebloser und lebender Substanz, namentlich Kristallen und organisierter Individuen, angeführt werden. Ausser der Gestalt und dem Wachstum führt Haeckel zugunsten der Einheit der Natur auch die Umstände an, dass es keine für das Leben charakteristische chemische Elemente gibt, vielmehr alle im Organismus vorhandenen Grundstoffe auch in der anorganischen Natur anzutreffen seien. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass anorganische Substanzen, z. B. die Kieselsäure, unter Umständen kolloidal werden, d. h. einen den Stoffen des Lebens entsprechenden Zustand annehmen können und umgekehrt, organische Substanzen, z. B. das für gewöhnlich kolloidale Eiweiss in Pflanzen und Tierzellen Albuminkristalle bilden kann; auf vereinigte plastische Tätigkeit des Plasmas und der Mineralsubstanz werden die kristallinischen Kiesel und Kalkskelette vieler Spongien und Korallen zurückgeführt und diese Biokristalle werden als Mittelbildungen zwischen organischen Plasmaprodukten und anorganischen Kristallen aufgefasst. Gleich den Kristallen erscheinen auch die als Moneren bezeichneten einfachsten Lebewesen, so die Chromaceen, die

[1]) Haeckel: Generelle Morphologie der Organismen. Berlin 1866. Die Lebenswunder Stuttgart 1904.

[2]) Naegeli: Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München 1884.

[3]) Mario Pilo: La vita dei Cristalli. Prime linea per una futura biologia minerale. Torino 1885.

Bakterien nicht organisiert, indem sie strukturlose kugel- oder scheibenförmige, kernlose Plasmaindividuen darstellen. Endlich wird angeführt, dass man auch beim Wachstum der Kristalle in gewissem Sinne von Assimilation sprechen könne, da ja die Kristalle — wenn sie in eine Lösung verschiedener Substanzen gebracht werden — bloss gleichartige Teilchen auswählen, selbe an sich ziehen und dadurch wachsen. Diese Bewegungserscheinungen bei der Bildung von Kristallen lassen sich sogar schwer ohne Annahme von Empfindung erklären.

2. Haben wir bisher die Befunde besprochen, welche beim Vergleich der Kristalle mit den Organismen herangezogen wurden, und haben wir auf die fliessenden und flüssigen Kristalle Lehmanns hingewiesen, so erübrigt es nun weiter kurz auf die als Kristalloide resp. Globuliten, sowie auf die als Kristalliten oder Kristallskelette bezeichneten Gebilde einzugehen, umsomehr als gerade diese Gebilde ganz besonders Veranlassung boten, die Kristalle überhaupt in eine nähere Beziehung zu den Organismen zu bringen.

Schon ältere Autoren (Ehrenberg 1836, Rose und Link 1837 und 1839, Vogelsang 1875) wiesen darauf hin, dass bei chemischen Niederschlägen mikroskopisch kleinste kugelförmige oder elipsoidische Körper resp. Bläschen wahrnehmbar sind, welche sie Kristalloide, Morpholite (Ehrenberg), Globuliten (Vogelsang) nannten. Durch Aneinanderlagerung resp. Anlagerung dieser Gebilde an bereits bestehende Kristalle entstehen nun Kristallite resp. grössere Kristalle. Die Kristalloide bilden daher gleichsam eine tiefere Entwickelungsstufe der Kristalliten und der Kristalle, so dass zwischen all diesen Gebilden graduelle Unterschiede bestehen. Diese rundlichen Kristalloide waren es auch, welche die Lehre von Haüys widerlegten, wonach schon die kleinsten Teilchen der Kristalle die Form der Kristalle selbst zeigen, d. h. kleinste Kristalle darstellen und später zur Annahme einer verschiedenen Gestaltung der Atome gaben (Lamés).

Hinsichtlich der Entstehung dieser Kristalloide sei namentlich auf die Arbeiten G. Quinckes[1]) verwiesen, wo auch die Literatur angegeben ist. Hier sei bloss zusammenfassend kurz erwähnt, dass die Kristalloide in Form von Kugeln, Linsen und schlauchförmigen Gebilden beim Zusammenstossen zweier Flüssigkeitsschichten von verschiedener Zähigkeit entstehen und infolge der hier auftretenden und einer Abrundung zustrebenden Oberflächenspannung zustande kommen. Diese Tropfen und schlauchförmigen Gebilde, als einfachste hierbei entstehenden Gebilde gehen in allen möglichen Formen ineinander über. Tröpfchen

[1]) Georg Quincke: Über die Klärung trüber Lösungen. Über unsichtbare Flüssigkeitsschichten. Die Oberflächenspannung usw. Annalen der Physik. 1902 bis 1903. Vierte Folge, Bd. 7—10.

oder Körnchen (Globuliten) können sich in einer linearen oder etwas gekrümmten Richtung perlschnur- oder kettenförmig aneinander reihen (Margariten) oder zu länglichen Nadeln verschwimmen (Longuliten). Schläuche, welche gerade gezogen, geknickt oder gekrümmt erscheinen und Nadeln, Haare, Bakterien oder Algen ähnlich sind (Trichite, Belonite) liegen teils isoliert, teils zu Büscheln, Flocken, teils zu brombeerartigen Gruppen vereinigt. Aus Tropfen können kleine Schläuche hervorragen und Schläuche können durch Verdickung oder Einschnürung zu Tropfen oder Tropfenreihen zerfallen, oder durch Teilungswände in Kammern gegliedert werden. Durch ungleichmäfsige Strömung und Spannung können wellenförmige, pfropfenzieherartige, spiralige, schneckenartige Schläuche entstehen. Endlich können an Schläuchen Verzweigungen auftreten, welche die Grundlagen zu den Kristallbäumen, Dendriten, Kristallskeletten bilden.

Indem sich nun diese Kristalloide (Sphärokristalle) an bereits bestehende Kristalle anlagern resp. von den bereits fertigen Kristallen aufgezehrt werden, vergrössern sich die Kristalle und bei diesem Wachstum der Kristalle kann sich in deren Umgebung ein von Kristalloiden freier Hof bilden. Diese Hofbildung kann nach Lehmann besonders dann sehr schön beobachtet werden, wenn durch Zusatz von Verdichtungsmitteln die Zuströmung des Materials zum wachsenden Kristall erschwert wird. Die nach Lehmann reproduzierte Fig. 2 zeigt beispielsweise die Hofbildung bei Jodoform.



Fig. 2

Durch Aneinanderlagerung dieser Kristalloide entstehen ferner, wie erwähnt, Kristallite. Namentlich die schlauchartigen Kristalloide bilden, indem sie sich verzweigen, die Grundlage zu den als Kristallbäume, Kristallskelette oder Dendrite bezeichneten Kristalliten. Und diese zierlichen, oft bloss mikroskopisch sichtbaren Gebilde stellen, wie dies ja auch aus der Bezeichnung Kristallskelette hervorgeht, die Anfänge der Kristallisation dar. Zu diesen Kristalliten gehören die „regelmäfsig baumförmigen Gestalten“ (Werner) verschiedener Substanzen. Von solchen sei bloss der Salmiak und der Kampfer erwähnt, welch ersterer schon in rein wässriger Lösung, während der Kampfer in alkoholischer Lösung zierliche Skelette bildet. Hierher gehören auch die „Eisblumen“ an gefrorenen Fensterscheiben, sowie die „Schnee-

sterne". Und bei Metallen entsprechen diesen Kristalliten, Kristallgerippen oder Kristallskeletten die sogen. „gestrickten Formen".

Im Gegensatze zu den ebenflächig umgrenzten Kristallen erscheinen die Kristalliten krummflächig umgrenzt, teilen aber mit selben die fundamentale Eigenschaft der Wachstumfähigkeit und beide Arten sind durch die allmählichsten Übergänge miteinander verbunden. Solche Übergänge von gradflächigen Kristallen zu krummflächigen Kristalliten bilden beispielsweise die gewölbten Diamantkristalle, die tonnenförmigen Pyromorphitsäulen, die sattelförmigen Eisenspatrhomboeder und die gewundenen Quarzkristalle.

Diese Kristallite gleichen morphologisch auffallend gewissen Pflanzen und Tieren, was schon in der Bezeichnung „Eisblumen" ausgedrückt ist. Einen „Eisenbaum" erhielt schon Glauber (1648) aus festem Eisenchlorid und Kalisilikatlösung und über baum- und strauchartige Vegetationen von Metallsalzen in Natronwasserglaslösung berichtet Böttger (1865—66).

Nach Saul[1]) bilden auch pathogene Mikroorganismen den Kristalliten ähnliche „Pflanzenbilder", so namentlich der Staphylococcus albus, der Typhusbazillus, das Bacterium coli commune, der Choleravibrio, der Vibrio Metschnikoff, der Diphtherie- und Pseudodiphtheriebazillus. Diese Bakterienpflanzen sind namentlich an Serienschnitten von Kulturen deutlich ausgeprägt, welche aus der Tiefe der Nährböden stammen, in Formalin gehärtet und mit Methylenblau gefärbt sind. Wie die Pflanzen, so differieren auch die verschiedenen Bakterien in der Form des Stammes, der Äste und des Laubes, so dass für die einzelnen Repräsentanten gut charakterisierte Pflanzenbilder entstehen. Die den Abbildungen von Saul entnommene Fig. 3 stellt eine drei



Fig. 3.

[1]) Saul: Beiträge zur Morphologie des Staphylococcus albus. Berl. klin. Wochenschr. 1900, Nr. 47. — Beitr. zur Morph. des Typhusbazillus und des Bact.

Monate alte Cholerapflanze dar. Nach Saul seien die Bakterien als Granula aufzufassen, welche sich zu Gebilden gruppieren können, die den Zellen der Metazoën gleichzustellen wären.

Die Frage, ob die ebenflächig umgrenzten Kristalle und die krummflächig umgrenzten Kristallite chemisch vollkommen identisch (Lehmann[2]) oder insofern verschieden sind, als die Kristalle niemals chemisch homogen, sondern stets als Molekulargemische verschiedener Substanzen erscheinen (Vater[3]), ist strittig und soll nicht näher diskutiert werden.

3. Haben wir schon bisher manche wichtige Analogien zwischen dem Kristallisationsprozess und den lebenden Organismen kennen gelernt, so sollen nun im folgenden die äusserst interessanten Befunde angeführt werden, welche auffallend innige Beziehungen zwischen Kristalloiden, Kristalliten und Kristallen einerseits und den sogen. leblosen Zellen resp. organoiden Formen andererseits erkennen lassen und welche Beziehungen — wie später gezeigt werden soll — gleichfalls die Brücke und die Verbindungsglieder zum Verständnis jener Verwandtschaftsbeziehungen bilden, welche zwischen den Kristallisationsprozessen und den lebenden Zellen, d. i. zwischen anorganischen Prozessen und vitalen Vorgängen bestehen.

Werden bei dem Entstehen der Kristalloide Teilchen der einen Flüssigkeit in die andere mit eingeschlossen, so dass Tropfen und Schläuche noch kleinere Tröpfchen oder Körnchen einzeln oder gruppenweise enthalten, so können schon den körnigen Protoplasma gleichende Gebilde entstehen. Verdichtet sich das Zentrum eines Tropfens, so bilden sich dem Kern einer Zelle ähnliche Kristalloide und solche Gebilde werden dann als organoide Formen bezeichnet.

Solche organoide Formen, d. i. morphologische Gebilde, welche optisch Zellen auffallend gleichen, stellte schon Traube (1866) durch Einwirken von Kupferchlorid auf gelbes Blutlaugensalz dar. Weiterhin scheinen die im Jahre 1879—80 von Hahn und Weinland publizierten Befunde von Urzellen, d. i. lebenden Tier- und Pflanzenzellen in Meteoriten und ältesten Gesteinen, gleichfalls bloss organoide Formen und nicht lebende Wesen darzustellen, umsomehr als es Vogt und Monnier auch in Kontrollversuchen gelang, durch Einwirkung organischer Substanzen ähnliche organoide Formen darzustellen.

---

coli comm. Berl. klin. Wochenschr. 1901, Nr. 50. — Beitr. z. Morph. der pathog. Bakt. Deutsche med. Woch. 1903, Nr. 14. — Zur Morph. der pathogenen Mikroorganismen. Vortrag im Verein für innere Med. zu Berlin 21. Nov. 1904. Referiert: Berl. klin. Woch. 1904, Nr. 50.

[2]) Lehmann l. c.

[3]) Vater: Zeitschr. f. Krist. 1896, 27, 505.

In einem im höchsten Maſse anregenden Werke Strindbergs[1]) lese ich, dass Nordenskiöld in mikroskopisch photographierten Schneekristallen Hohlräume fand, welche den Gefässen von Pflanzen gleichen und als Organoidbildungen bezeichnet werden, „weil sie an Formen der organischen Welt erinnern“.

Auf die Entwickelung und das Entstehen dieser organoiden Formen und auf deren Beziehungen zu den Kristallisationsprozessen gehen neuerer Zeit — worauf auch Benedikt[2]) in seiner interessanten Studie vielfach hinweist — besonders Quincke[3]), Harting[4]), Schroen[5]) und Leduc[6]) ein.

Quincke weist in seinen Arbeiten darauf hin, dass bei Berührung von wässrigen Salzlösungen und Alkohol, oder von Wasser und Kolloiden unter dem Einfluss der Oberflächenspannung einzelne, oder aneinanderhängende kleinste Tröpfchen resp. Blasen entstehen, welche den oben besprochenen Kristalloiden bezw. Globuliten entsprechen und als „Schaumzellen“ bezeichnet werden. Bezüglich der Zusammsetzung dieser Schaumzellen hebt Quincke hervor, dass deren Wände aus einer wasserarmen, salzreichen, klebrigen, ölartigen Kolloidlösung, deren Zellinhalt hingegen aus einer wasserreichen, salzarmen Flüssigkeit besteht. Diese Schaumzellen erstarren, wenn sie Wasser abgeben, zu Kristallen. Letztere seien daher als eine Art erstarrter Schaummassen aufzufassen, wie es z. B. die sogen. Pharaoschlangen sind, die durch das Erhitzen von Emser Pastillen auf brennender spiritusgetränkter Zigarrenasche entstehen, wobei die gebildete geschmolzene Zuckermasse durch die aus dem Natronbikarbonat freiwerdende Kohlensäure schaumig aufgetrieben wird und schliesslich verkohlt und erstarrt. Schaumwände von gleicher Konzentration stossen unter Winkeln von 120° aneinander. Mit bereits erstarrten Schaumwänden bilden Schaumwände Winkel von 90°. Die Zellen der organischen Natur und die der Kristalle unterscheiden sich nur durch die Grösse der Schaumzellen, welche bei den organischen Zellen noch sichtbar, bei den Kristallen unsichtbar sind.

Diese künstlichen Zellen und namentlich die Kieselsäurevegetationen werden mehr oder weniger mit der Bildung der Myelinformen in Ölschäumen in Beziehung gebracht, welche Virchow (1857) aus

---

1) Strindberg, August: Sylva Sylvarum. Berlin u. Leipzig. p. 39, Anm.

2) Benedikt: Kristallisation und Morphogenesis. Wien 1904.

3) Quincke: Annalen der Physik. Bd. 7, 9, 13. — Über Kristalle. Verhandl. der physik. Gesellschaft. 1903, V.

4) Harting: Recherches de Morphologie synthétique etc. Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Amsterdam. 1873, XIII. Bd.

5) Schroen: Die Angaben sind der Studie Benedikts (l. c.) entnommen.

6) Leduc: Médecine moderne. 1902, 41. — Champs de force de diffusion. Comptes rendues de l'Association française pour l'avancement des sciences 1902. Comptes rendues de l'Acad. des sciences. 1902, 17. II. et 1902, 26. V.

wässrigen Lösungen ölsaurer Alkalien entdeckte und auf die auch seinerzeit Pertik[1]) näher einging.

Eine ähnliche gelatinöse resp. kolloide Umwandlung beobachtete auch Harting bei Verbindungen konzentrierter Lösungen von Kalksalzen mit kohlensaurem Natron oder Kali. In diesem Kolloid erscheinen dann „sehr kleine Moleküle", bald stark lichtbrechende Körper, die stets wachsen, Agglutination zeigen und sich in grössere zellenähnliche Körperchen mit feinkörnigem Inhalte umwandeln. Indem nun selbe Gebilde einen Kern erhalten und gewebsartige Anordnung zeigen, entsprechen sie optisch Zellen. Diese zellartigen Gebilde können optisch selbst das Bild mitten durch den Kern gehender Teilung zeigen. Da weiterhin auf die Beziehungen dieser Zellen zu den Kristalloiden resp. Kristalliten hingewiesen wird, wird zugleich auch an deren Beteiligung beim Kristallisationsprozess gedacht. Ähnliche zellartige Gebilde erzeugte Harting auch innerhalb animalischer Flüssigkeiten, so in Eiweiss, indem er in letzteres in einer Entfernung von 20—25 cm zwei Salze im festen Zustande, beispielsweise Chlorkalk und ein kohlensaures Salz brachte. An derjenigen Stelle im Eiweiss, wo sich die aufgelösten Teile der Salze treffen, entstehen nach Wochen durch Präzipitation des kohlensauren Kalkes zellartige Gebilde, die nicht selten einen Kern enthalten und oft auffallend an Becherzellen erinnern.

Durch Einwirkenlassen von Metallen auf Silikate gelang es auch Herrera in Mexiko die mannigfachsten Bilder von lebensähnlichen Geweben und niederen Lebewesen zu erzeugen.

Noch weiter geht Schroen. In hängenden Tropfen konzentrierter Salzlösungen, beispielsweise Salizylsäure, beobachtete Schroen vorerst eine wolkige Trübung, dann Umwandlung in eine granulierte Masse und Auftreten freier kernhaltiger Gebilde, welche die kleinsten Elemente des Mineralreiches darstellen und sich durch Sprossung und Teilung vermehren. Innerhalb dieser Steinzellen, welche — wie Fig. 4 zeigt — derart organischen Zellen gleichen, dass sie jedermann



Fig. 4.

[1]) Pertik: Untersuchungen über Nervenfasern. I. Myelin und Nervenmark. Arch. f. mikrosk. Anatomie. 1881, XIX. — Myelin és idegvelö. Magy. tud. Akademia 1880.

als organische Zellen auffassen würde, entwickeln sich nun die Kristalle (Fig. 5) u. z. entweder aus dem Kern oder aus dem Plasma einzelner Zellen, oder infolge Fusion mehrerer Zellterritorien. Stets konnte Schroen in der anfangs mathematisch indeterminierten Masse das Auftreten einer Hauptachse beobachten, so dass die Existenz der bisher bloss theoretisch angenommenen Kristallachsen auch optisch erwiesen ist. Um dieselbe herum konnten mitunter aus parallel schwingenden Linien bestehende Wellen resp. Kraft- und Richtungslinien beobachtet werden. (Fig. 6.) Infolge Hyalinisation der Masse verschwindet nun optisch die Achse und

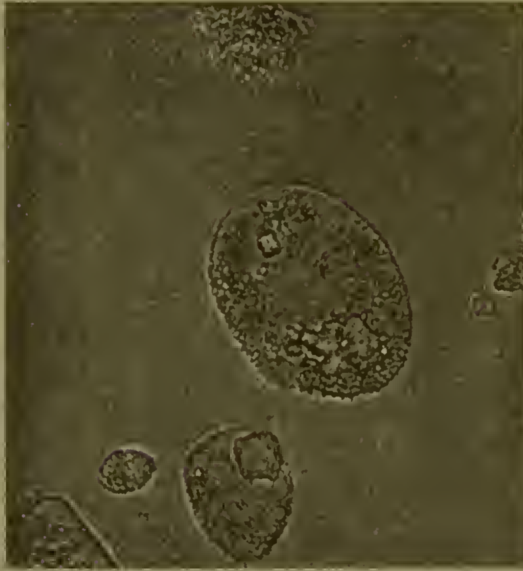


Fig. 5.



Fig. 6.

in diesem Stadium erscheinen Kristallwinkel, Seiten, Ecken oder Nadeln, welche später zu Rhomben, Prismen, Pyramiden werden. (Fig. 7.) Besonders bemerkenswert erscheint in den Untersuchungen von Schroen die Beobachtung einer intrazellularen Entstehung der Kristalle.

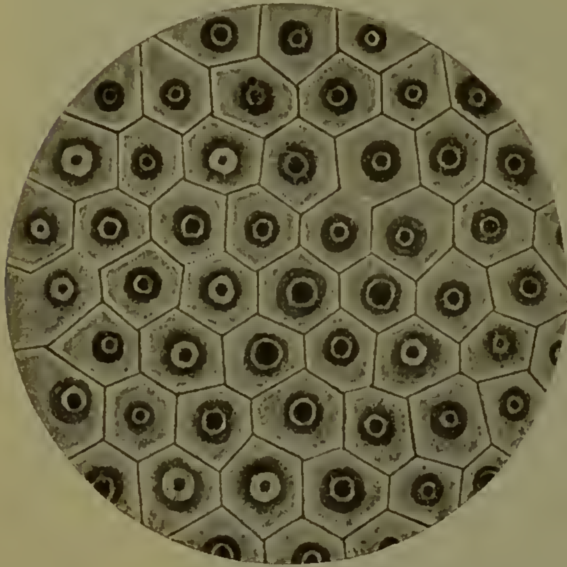


Fig. 7.

Endlich möge auf die hochinteressanten Untersuchungen von Leduc eingegangen werden, welcher Autor einerseits ein aus künstlichen Zellen bestehendes und optisch ganz dem Epithel entsprechenden Gewebe darzustellen vermochte, andererseits im Innern dieser künstlichen Zellen Kraftfelder der Kristallisation und der Karyokinese entsprechende optische Bilder beobachtete.

Brachte Leduc einen Tropfen einer wässerigen Salzlösung in destilliertes Wasser, so zerstreuten sich die gelösten Moleküle vom Zentrum des Tropfens aus peripheriewärts nach allen Richtungen hin. Brachte er hingegen einen Tropfen destillierten Wassers in eine Salzlösung, so strömten die gelösten Teile gegen das Zentrum des Tropfens. Im ersten Falle bildet das Zentrum des Tropfens einen positiven, im zweiten einen negativen Pol und die durch Diffusion entstandenen Bilder, welche selbst photographiert wurden, nannte er Diffusionsbilder. Entgegengesetzte Pole ziehen sich an, gleichnamige stossen sich ab. Die zwischen zwei gleichen oder verschiedenen Polen entstandenen Diffusionslinien entsprechen den Bildern der magnetischen und elektrischen Kraft-

felder. Erzeugte er mehrere Diffusionsfelder um eines herum, so erhielt er die Gestalt eines Polyaeders; besass dieses mittlere Feld einen positiven Pol, so nahm es die Gestalt einer Zelle mit radiär ausstrahlendem Kern an. Besonders schöne Zellkolonien (Fig 8) erzeugte er, indem er auf die Oberfläche von Gelatine Tropfen von Ferrocyankalilösungen brachte. Durch Diffusion entstehen schon hier Zellen, die durch scharfe Konturen getrennt erscheinen und eine Zellmembran, Cytoplasma und einen Kern enthalten. Letzterer entspricht dem Diffusionszentrum des Tropfens. Solange Konzentrationsunterschiede in der Gelatine bestehen, ist innerhalb jeder Zelle eine lebhafte molekulare Bewegung zu beobachten, indem die gelösten Substanzen vom Zentrum aus nach der Peripherie, das Wasser hingegen zentralwärts strömt. Wurde für Ersatz der Konzentrationsverluste gesorgt, d. h. diese Zellen ernährt, so blieb die Molekularbewegung fortbestehen. In eingetrockneten Zellen fehlt die Bewegung, kann aber durch Wasserzusatz erneuert werden. Hierin erblickt Leduc Analogien mit dem potentiellen Leben der Getreidekörner und der Rotiferen. Gleichen sich die Konzentrationen endgültig aus, so stirbt die Zelle ab und behält bloss ihre äussere Form. Aus diesen Versuchen folgert Leduc, dass eine Organisation der Materie einzig durch physikalische und chemische Kräfte zustande kommen könne und dass Zellen auch spontan, ohne Vermittelung anderer Zellen, entstehen können.


Fig. 8.

Wurde in eine solche positiv artifizielle Zelle ein löslicher Kristall gebracht, so traten alle Erscheinungen der Befruchtung und Figuren der Karyokinese, d. h. Spindeln, Attraktionssphären, Aster, Furchung auf. Bei Befruchtung einer negativen Zelle mittels eines Wassertropfens bildete sich infolge Vorhandenseins zweier negativer Pole eine Tochterzelle, die abgestossen wurde. Bildet sich ein Kristall, so strömen die Moleküle gegen den Kern des Kristalles hin und hierdurch entsteht ein Kraftfeld der Kristallisation.

Fassen wir die Ergebnisse der letztgenannten interessanten Arbeiten in ihren Hauptzügen zusammen, so ergibt sich, dass bei Aufeinanderwirken verschieden konzentrierter organischer Lösungen, oder bei Be-

rührung organischer und anorganischer Lösungen infolge von Diffusion und Oberflächenspannung „Schaumzellen“ und kernhaltige „organoide Zellen“ entstehen. Erstere können durch Wasserverlust zu Kristallen erstarren, letztere können als Ausgangspunkt der Kristallbildung dienen. Bei der Entstehung der Kristalle kann sich der Kern und das Plasma dieser Zellen beteiligen. Der Kristallisationsprozess selbst kann durch das Erscheinen positiver und negativer Diffusionspole und Kristallisationsachsen, weiterhin durch Auftreten von Diffusionslinien und Richtungslinien resp. durch Kraftfelder oder Richtungsfelder eingeleitet werden, welche den magnetischen und elektrischen Kraftfeldern ähnlich sind. Im Verlaufe dieser Kristallisation können Bilder entstehen, welche denen der Befruchtung, der Tochterzellenbildung und der Karyokinese organischer Zellen entsprechen und sich im Auftreten von Spindeln, Attraktionssphären, Astern und Furchungen kundgeben.

Die infolge der Diffusion innerhalb solcher Zellen sichtbare Molekularbewegung resp. das Erhalten derselben durch Ersatz der Konzentrationsverluste wird mit der Ernährung der aktiv lebenden Zellen —, das Hintanhalten der Diffusion und Bewegung wird mit dem Scheintod — und das gänzliche Verschwinden infolge Eintrocknens mit dem Tode der organischen Zellen in Parallele gestellt (Leduc).

Diese Bilder wären nicht bloss optische Bilder der generatio spontanea, sondern sollten auch darauf hinweisen, dass die Organisation von anorganischen und animalen Substanzen (Eiweiss, Gelatine) auch spontan, d. i. ohne Vermittlung anderer Zellen, einzig durch physikalisch-chemische Kräfte nach Art der Kristallbildung zustande kommen könne.

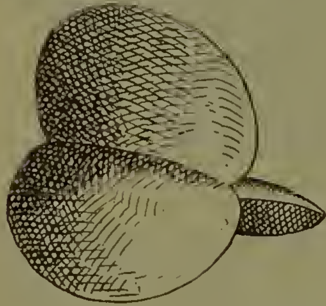
Ohne schon an dieser Stelle die Konsequenzen aus diesen interessanten Studien ziehen zu wollen, möchte ich bloss darauf kurz hinweisen, dass im Sinne der hier geschilderten Untersuchungen organoide Formen zwar auch in der leblosen Welt vorkommen, selbe aber durchaus nicht als lebend zu betrachten seien resp. in keiner Weise mit dem Leben in irgend welche Beziehungen gebracht werden dürfen.

Sie zeigen bloss, dass in anorganischen und organischen Lösungen optisch Formen entstehen können, wie wir sie bisher unter dem Namen Zelle bloss in der Biologie kannten und dass diese „organoiden“ Formen die Kristallisation, d. i. einen Prozess einleiten und vermitteln können, der an und für sich mit dem Leben selbst nichts zu tun zu haben scheint.

Ich sage absichtlich, dass die Kristallisation unabhängig vom Lebensprozess selbst verläuft. Denn wenn auch zahlreiche Fälle von Kristallbildung in lebenden Zellen bekannt sind, so z. B. die gewissermafsen spezifischen Kristalle von oxalsaurem Kalk innerhalb der Pflanzen-

zellen, so wird es doch niemanden einfallen, diese Kristallbildung als einen Lebensprozess zu betrachten. Und wenn neuestens Schroen bei pathogenen Bakterien Kristallbildung beobachtete, so wird man doch auch diese Kristalle mehr als Ausscheidungsprodukte auffassen müssen und vom Lebensprozesse der Bakterien selbst trennen.

Dass Bakterienkolonien, d. i. Zellstaaten, gegebenen Falles ein den geometrischen Gesetzen entsprechendes Wachstum zeigen und ganz regelmäfsige Formen bilden können, geht aus den interessanten Befunden Jendrássiks[1]) hervor. Achtete dieser Forscher bei der anaëroben, doch auch bei der aëroben Züchtung von Bakterien in Agar darauf, dass die Entwickelung der Kolonien bloss aus vereinzelten Bakterien stattfand, so wuchsen die Kolonien vom 6—10 Tage an zu regelmäfsigen, konstanten Formen aus, welche nie ineinander übergingen. Besonders zwei blattartige Gestaltungen erregten das Interesse, welche als Triphyllon (Fig. 9) und Hexaphyllon (Fig. 10) bezeichnet wurden.



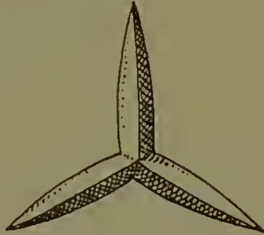


Fig. 9.

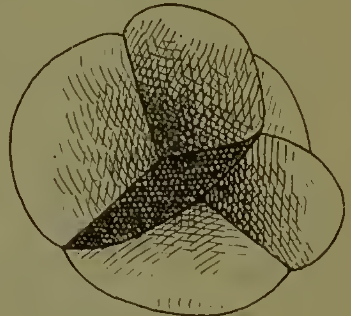


Fig. 10.

Letztere Form entspricht geometrisch einem Tetraeder, dessen Kanten peripher und zentralwärts zu Flächen ausgewachsen sind. Die Grösse dieser Formen betrug bis 6—8 mm. Positive Resultate wurden mit dem Bakt. pneumoniae, Microc. tetragenus, B. oedem. maligni, Bac. der Mäusesepticaemie, B. violaceus und durch einen selbstkultivierten Micrococcus erreicht. Verschiedene Eventualitäten, insbesondere auch durch ein Bersten des Agars bedingtes Wachstum wurden sorgfältigst ausgeschlossen.

Inwiefern endlich die neuestens so viel genannten „Radioben", welche Burke durch Einwirken von Radiumsalzen auf sterilisierten Bouillon gewonnen hat, Zwischenformen zwischen Kristallen und Mikroben resp. Grenzprodukte zwischen anorganischen und organischen Substanzen darstellen und inwiefern sie geeignet sind, das Rätsel der spontanen Zeugung oder Urzeugung einer Lösung näher zu bringen, darüber kann vor dem Erscheinen des angekündigten ausführlichen Werkes kein end-

[1]) Jendrássik, E.: Über eigentümliche, geometrisch-regelmäfsige Bakterienkolonien. Ung. Arch. f. Med. 1892, Bd. I, p. 48. — Geometriailag szabályos bakterium-koloniákról. Magyar Orvosi Archivum. 1892, Bd. I, p. 67.

gültiges Urteil gefällt werden, umsoweniger, als Burke neuestens in einem längeren Artikel den seiner Entdeckung entgegengebrachten Skeptizismus energisch zurückweist.

4. Dass endlich auch zwischen dem Lebensprozess einzelner Zellen, d. h. zwischen vitalen Vorgängen und der Kristallbildung sehr innige Beziehungen bestehen, geht aus meinen Untersuchungen hervor, welche deutlich zeigen, dass die als mitotische Mehrteilung bezeichnete Teilung der Zellen in mehrere Tochterzellen, somit eine exquisite Lebenserscheinung der Zellen nach den für die Kristallisation gültigen geometrischen Gesetzen stattfindet. Diese meine Untersuchungen waren schon vor Jahren abgeschlossen und in einer umfangreicheren Monographie und Auszügen [1]) publiziert. Da aber das Erscheinen derselben aus äusseren Gründen anfangs bloss in einer schwer zugänglichen Schrift und später bloss in einer Zeitschrift für pathologische Anatomie möglich war und so diese, wie mir scheint, für die allgemeine Biologie wichtigen Untersuchungen den Biologen im allgemeinen unbekannt blieben, so möchte ich im Rahmen dieser biologischen Studie den Gang und die Hauptresultate derselben in grossen Zügen nochmals wiedergeben.

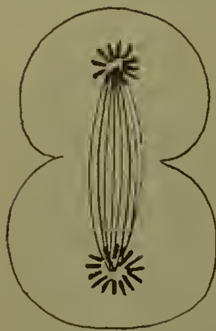
Bekanntlich wird die mitotische Zweiteilung der Zelle durch Zerschnürung des Zentrosoms in zwei Teile eingeleitet. Indem sich diese beiden Tochterzentrosome von einander entfernen, entsteht zwischen ihnen die achromatische Spindel. Die Achse, welche die beiden Zentrosome verbindet, wird als Spindelachse, die Ebene, welche durch den Äquator der Spindel gedacht liegt, als Äquatorialebene bezeichnet. Ist die Spindel ausgebildet, so ordnen sich die Chromosome, welche durch Zerschnürung des langen Chromatinfadens des Kerns in kürzere Schleifen entstehen, in der Äquatorialebene an, wodurch der Mutterstern, Monaster, entsteht. In diesem ersten Stadium, d. i. in der Prophase, bildet der Monaster, en face betrachtet, wirklich einen Stern, en profil gesehen hingegen ein Band. (Fig. 11.) Indem nun die Hälfte der Schleifen



Fig. 11.

[1]) Krompecher: A többes oszlás és mechanikája Orvosi Hetilap. 1893, 53 a.
—.— Die Mehrteilung und deren Mechanik. Zentralbl. f. allgem. Pathol. 1894, V. Bd., p. 345.
—.— Die mehrfache indirekte Kernteilung. Verhandl. der anatom. Gesellsch. Basel 1895, p. 52.
—.— A többes indirekt magoszlás. Magyar. Orvosi Archiv 1895, IV évfolyam.
—.— Die mehrfache indirekte Kernteilung. Monographie. Bergmann, Wiesbaden. 1895.
—.— Über Zellteilung. Zentralbl. f. allgem. Pathol. 1902, XIII. Bd., p. 273.

gegen das eine, die andere Hälfte gegen das andere Zentrosom wandert, entstehen in dem Stadium der sogen. Anaphase Tochtersterne, Diaster. Dieser Zweiteilung des Kerns folgt nun eine Zweiteilung des Plasmas, wobei sich das Protoplasma stets in der Richtung der Äquatorialplatte einschnürt. (Fig. 12.)


Fig. 12.

Indem ich bezüglich der Details, Streitfragen und Literatur der mitotischen Zweiteilung, namentlich hinsichtlich der Entstehung, Bedeutung und Beurteilung der verschiedenen Bestandteile (Zentrosome, achromatische Spindel, Chromatin) auf die übersichtliche Arbeit von Gurwitsch[1]) verweise, sei bloss hervorgehoben, dass in scheinbar kardinalen Punkten vielfach erhebliche Abweichungen zwischen den verschiedenen tierischen und pflanzlichen Zellen bestehen.[2])

Trotzdem somit der hier skizzierte Verlauf der mitotischen Zweiteilung mehr im Sinne eines allgemeinen Schemas aufzufassen ist und Detailfragen, namentlich das Verhältnis der Zentrosome zur achromatischen Spindel nichts weniger als geklärt erscheinen: muss doch der mitotische Prozess der Zweiteilung seinem Wesen nach als

---

[1]) Gurwitsch: Morphologie und Biologie der Zelle. Jena, 1904.

[2]) Solche Differenzen finden sich beispielsweise hinsichtlich der Entstehung und Beurteilung der achromatischen Spindel und der Beteiligung des Zentrosoms beim mitotischen Prozesse. Was die Entstehung der achromatischen Spindel anbelangt, sei kurz erwähnt, dass bei den Metazoën (Eier, Samenzellen) eine extranukleare, bei den Protozoën (Infusorien) und niederen Pflanzen eine intranukleare und wieder bei anderen Zellen eine kombinierte Entstehung der achromatischen Spindel angenommen wird. Bezüglich der Beurteilung der Strahlen der achromatischen Spindel und der Bewegung der Chromosome sei erwähnt, dass die Strahlen teils als Kraftlinien (Fol), teils als eine Art Kristallisierung (Boveri, zum Teil Gurwitsch), als eine Aneinandergliederung feinster Mikrosome infolge Plasmaströmung (Wilson, Vejdovsky und Mrazek), als eine Art vitaler Gerinnung bestimmter Plasmaportionen (Fischer) aufgefasst wurden und dass die Bewegung der Chromosome auf eine Zugwirkung der Strahlen (Fol, Rhumbler, Heidenhain, Bütschli), auf eine Stemmwirkung der Strahlen (Drüner, Meves, Hertwig), auf Streckung der Spindel infolge Turgorzunahme der Zelle (Reinke) und auf magnetische Abstossung der gleichmäfsig geladenen Schleifen (Hartog) zurückgeführt wird. Und neuere Forschungen ergaben, dass auch das Erscheinen der Strahlen im Plasma durchaus nicht immer auf die Anwesenheit eines typischen Zentrosoms zurückzuführen ist, da beispielsweise bei Behandlung von Seeigeleiern mit Strychnin, Magnesialösungen prächtige Strahlungen entstehen (Hertwig, Morgan, Norman, Wilson), deren Zurückführung auf echte Zentrosome sehr problematisch erscheint und da weiterhin in den Eiern von Myzostoma glabrum bei Eindringen einer Amöbe um letztere typische Strahlungen entstehen (Weeler), und nach der Ansicht von Watasé selbst um indifferente Zellkörner (Mikrosome) solche Strahlungen entstehen können.

einheitlich bezeichnet werden. Denn wie und woraus die beiden Pole der achromatischen Spindel (Zentrosome, Zentriolen, Polkörperchen etc.) und letztere selbst entstehen und wie selbe benannt werden, ist gegenüber der Tatsache von untergeordneter Bedeutung, dass bei der mitotischen Zweiteilung stets zwei Pole entstehen, zwischen denen sich eine achromatische Spindel bildet und dass dieses polare System das Gerüst für die Verteilung des Chromatins bildet.

Auch auf die vielumstrittene Frage des Mechanismus der Zweiteilung, der in den Punkten gipfelt, ob das ausgebildete zweipolige System einem Kraftliniensystem entspreche (dynamische oder Zentrentheorie) oder nicht (Fadentheorie), möchte ich nicht näher eingehen. Erwähnt sei bloss, dass der Vergleich mit magnetischen Polen (H. E. Ziegler, Gallardo, Rhumbler) resp. ungleichnamigen Attraktionspolen überhaupt einesteils an dem Umstand zu scheitern scheint, dass in den mitotischen Figuren häufig eine Durchkreuzung der Strahlen vorkommt (Fig. 13), was bei einer Kraftliniennatur derselben ausgeschlossen wäre (Meves u. a.) und dass bei mitotischen Mehrteilungen, beispielsweise bei einer Dreiteilung, 3 Pole und 3 Spindeln anzutreffen sind und hier im Sinne der Theorie ungleichnamiger Attraktionspole 2 gleiche und 1 ungleicher Pol angenommen werden müssten.


Fig. 13.

Als eine wohl begründete Möglichkeit der Strahlenbildung mit Durchkreuzung aus zwei Kraftzentren dürfen nach Wecker die Erscheinungen der Kristallisation aus übersättigten Lösungen angesehen werden, indem solche Kristallisationsfiguren sehr täuschende Nachahmungen der karyokinetischen Figuren mit Strahlendurchkreuzung geben (Gurwitsch, Rhumbler).

Drängt sich daher bei der Erforschung der richtenden und orientierenden Faktoren und Momente der Mitose neuerdings so manchem Forscher der Gedanke eines „Umkristallisierens" auf, welcher Begriff nach Gurwitsch jede Vorstellung eines durch zentrale Kräfte beherrschten Substrates ausschliesst, vielmehr jedem Bauelemente gewisse Polaritäten oder Verhältnisse zu bestimmten Achsen zuschreibt, so berichtete ich schon vor Jahren über Befunde, die mir schon damals sehr geeignet erschienen, den Gedanken eines Umkristallisierens der Zelle anlässlich der Mitose zu einer Gesetzmäfsigkeit zu erheben und auf die ich nun im folgenden kurz eingehen möchte.

Während im Sinne des oben gegebenen Schemas der mitotischen Zweiteilung die Zentrosomen eine Zweiteilung erfahren und sowohl die Tochterzentrosome als auch die zwischen selben entstandene Spindel eine Anordnung in 2 Richtungen des Raumes resp. in einer Ebene erfahren, teilen sich bei der mitotischen Mehrteilung die

Zentrosome in mehrere Teile, entfernen sich von einander und ordnen sich in einer Ebene oder im Raume an. Bei der Dreiteilung und bei einer Art der Vierteilung ordnen sich drei resp. vier Zentrosome und ebenso viele Spindeln in einer Ebene an. Infolge Anordnung der Chromosome in den Äquatorialebenen der Spindeln, entstehen in der Prophase bei dieser Dreiteilung „Triaster“ (Fig. 14), bei der Vierteilung Kreuze (Fig. 15). In der Anaphase entsteht aus dem Triaster ein Bild, welches in Fig. 16, und aus dem Kreuze ein solches, welches in Fig. 17 wiedergegeben ist.

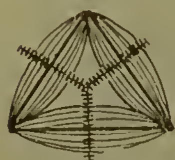
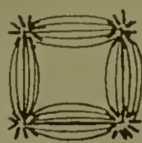

Fig. 14.


Fig. 15.


Fig. 16.


Fig. 17.

Nun kannte man aber auch Prophasenbilder, wie sie in Fig. 18 wiedergegeben sind. Diese Figur mit 4 Zentrosomen und 5 Spindeln deutete man als eine unregelmäfsige Vierteilung mit Anordnung der Bestandteile in der Ebene. Die Bilder, wie sie Fig. 19 veranschaulicht und wobei zwischen den Strahlen des Triasters chromatische „Fadenknäule“ angetroffen wurden, wusste man überhaupt nicht zu deuten und die sogenannten „verirrten Schleifen“ (Fig. 20) wurden als Abnormitäten gedeutet und sollten zur Bildung von Nebenkernen dienen.


Fig. 18.


Fig. 19.


Fig. 20.

All' diese Bilder waren schon vor dem Erscheinen meiner Arbeiten bekannt und wurden besonders in embryonalen Geweben von Tieren und Pflanzen, seltener in ausgebildeten Geweben und häufig in Zellen pathologischen Gewebes, namentlich bei Krebsen und Sarkomen beschrieben (Arnold, Martin, Schottländer, Cornil, Kostanecki, Galeotti, Hertwig, Aoyama, v. Hansemann).

Endlich kannte man auch eine Vierteilung im Stadium der Anaphase, wobei 3 Tochtersterne in der gleichen, der vierte in einer anderen Ebene lagen, und wobei diese in den drei Richtungen des Raumes gelegenen 4 Tochtersterne durch 6 Spindeln verbunden waren (Fig. 21). Dieser, immerhin seltener angetroffenen Vierteilung legte man aber keine grössere Bedeutung bei.


Fig. 21.

Als ich nun vor mehr als 12 Jahren ein Osteosarkom mit massenhaften Mehrteilungen untersuchte, fiel es mir auf, dass bei der soeben erwähnten Vierteilung (Fig. 21) die 4 Tochtersterne den Spitzen eines Tetraeders entsprechend gelagert sind und die Spindelachsen den Kanten des Tetraeder entsprechen.

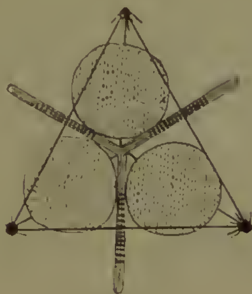
Indem ich nun daran dachte, nach den oben geschilderten Prinzipien der Zweiteilung aus diesem Bild der Anaphase das Bild der Prophase zu rekonstruieren, fand ich den Schlüssel zur richtigen Deutung der komplizierten Mehrteilungsbilder und war nun in der Lage, durch dieses Ei des Kolumbus einerseits das so dunkle Rätsel der Mehrteilung sicher zu lösen, andererseits auf Grund der stereometrischen Betrachtungsweise gewisse allgemein biologische Formgesetze aufzustellen.

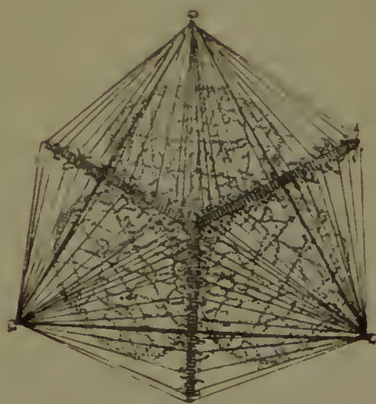
Der leichteren Orientierung wegen fertigte ich mir aus dünnen Stahldrahtstäbchen und kleinen Holzkugeln das Gerüst eines Tetraeders an. Die Stäbe entsprachen den Kanten des Tetraeders resp. den Spindelachsen der tetraederartigen Vierteilung und die Holzkugeln den Spitzen des Tetraeders resp. den Zentrosomen dieser Vierteilung.

Da nun, wie erwähnt, in der Anaphase dieser Vierteilung die Tochtersterne den Spitzen des Tetraeders entsprechend verteilt sind (Fig. 21), so musste ich das Modell des entsprechenden Prophasen-Bildes erhalten, indem ich der Lage der Muttersterne in der Äquatorialebene der Spindel entsprechend auf jedes der sechs Stäbchen je eine runde Kartonscheibe zog.

Die Fig. 22 und 23 veranschaulichen dieses Modell, und zwar in einer Stellung, wobei unser Blick senkrecht auf die eine Fläche des Tetraeders fällt. Während in Fig. 22 bloss die Zentrosome, die Spindelachsen und die Muttersterne durch die Kugeln, Stäbe und Kartonscheiben veranschaulicht sind, werden in dem in Fig. 23 wiedergegebenen Modell ausserdem auch die Spindeln und Chromosomen durch feine Fäden und dickere Wollschleifen vor Augen geführt

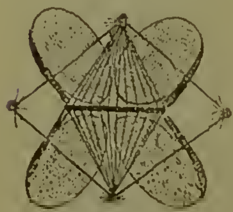
Als ich dieses Modell — dessen Anfertigung ich zwecks eines richtigen Verständnisses der Prophasenbilder der Tetraeder-Vierteilung nicht genug anempfehlen kann — von verschiedenen Seiten aus be-


Fig. 22.


Fig. 23.

trachtete, fand ich all jene Bilder, welche unter den Namen „abnorme Vierteilung“, „chromatische Fadenknäule“ beschrieben waren, und konnte all diese bisher rätselhaften Bilder einheitlich deuten.

Die abnorme Vierteilung (Fig. 18), welche bisher als eine in der Ebene verlaufende atypische Vierteilung aufgefasst wurde, entpuppte sich als das von einer Kante des Tetraedermodells betrachtete Bild der Tetraederteilung (vergl. Fig. 18 mit Fig. 24) und von den „chromatischen Fadenknäulen“-Bildern zeigte es sich, dass sie von einer Fläche oder Spitze der Tetraederteilung aus gesehene Bilder darstellen. (Vergl. Fig. 19 mit Fig. 22 und 23.)


Fig. 24.

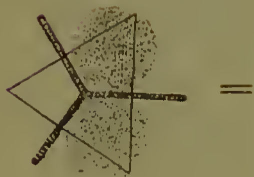
Da in diesem Modell stets gewisse Muttersterne en face, andere en profil erscheinen, so sind die Bilder mehr oder weniger kompliziert. Durch Photographieren dieser Schemata von verschiedenen Seiten aus bestimmte ich nun in vorhinein sämtliche Bilder, die bei dieser raumartigen Vierteilung vorkommen mussten. Weiterhin stellte ich fest, welche Bilder durch Wegschneiden einzelner Teile dieser Prophasenbilder entstehen. Und da ich all die a priori festgestellten Gesamt- und Schnittbilder der Tetraederteilung in den mikroskopischen Schnittpräparaten des Osteosarkoms vorfand, war dies zugleich der beste Beweis für die Richtigkeit meiner Deutung.

Indem ich bezüglich der zahlreichen Gesamt- und Schnittbilder der Tetraederteilung auf meine Monographie verweise, möchte ich hier bloss einige der charakteristischen Bilder des Tetraederschemas (Fig. 25, 28, 30, 32) und zugleich die demselben entsprechenden mikroskopischen Bilder wiedergeben (Fig. 26, 27, 29, 31, 33.)

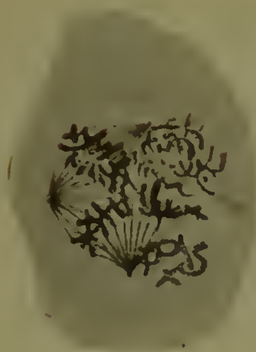
Schon bei einem Vergleich dieser wenigen nach dem Schema und nach dem Mikroskop gewonnenen Bilder wird man sich wohl im grossen und ganzen von der Richtigkeit meiner Angaben überzeugen können. Ohne hier auf eine Deutung dieser Bilder selbst näher einzugehen, sei bloss kurz erwähnt, dass unter anderen auch die Bilder mit „verirrten Schleifen“ der Autoren (Vergl. Fig. 20, 32 und 33) teilweise Schnittbilder der Tetraederteilung darstellen.

Aus diesen meinen Untersuchungen ging nun mit Gewissheit hervor, dass verschiedene Teilungsbilder der Prophase, welche bisher als gesonderte Teilungsarten aufgefasst wurden, nichts anderes als von verschiedenen Seiten betrachtete Gesamt- und Schnittbilder einer einzigen Teilungsart, nämlich der nach dem Tetraederschema verlaufenden Vierteilung sein können.

Nach alledem lag der Gedanken nahe, zu erforschen, ob es nicht auch Mehrteilungen gibt, welche nach den Gesetzen sonstiger stereometrischer Körper resp. Kristalle verlaufen.



=



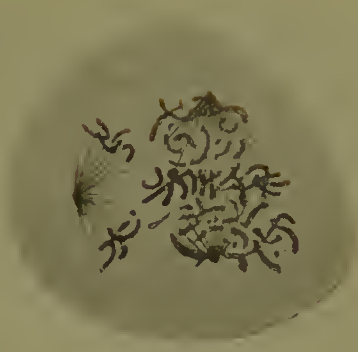


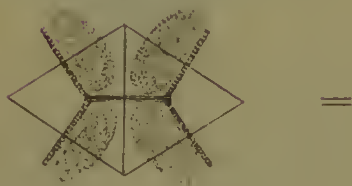
Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27.



=



Fig. 28. Fig. 29.



=

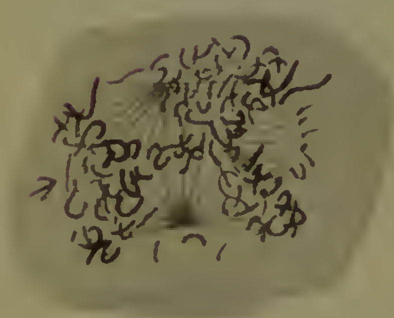
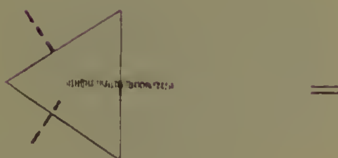


Fig. 30. Fig. 31.



=

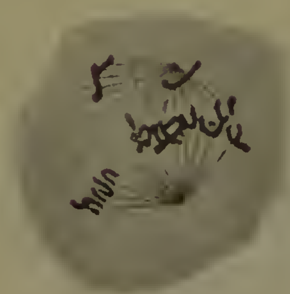


Fig. 32. Fig. 33.

Nach Anfertigen der Oktaeder-, Hexaeder, Ikosaeder- und Dodekaeder-Modelle bestimmte ich auch die diesen 6, 8, 12, 20 Teilungen entsprechenden verschiedenen Gesamt- und Schnittbilder, verglich selbe im Laufe der Zeit mit den mikroskopischen Bildern von 313 daraufhin untersuchten bösartigen Tumoren und konnte zweifellos sicherstellen, dass Mehrteilungen auch nach den Formgesetzen des Oktaeders und Hexaeders verlaufen.

Die Figuren 34 und 35 stellen mikroskopische Mehrteilungsbilder im Stadium der Anaphase dar, wobei die Tochtersterne eine den Spitzen des Oktaeders entsprechende Lagerung annehmen und die achromatischen Spindeln resp. deren Achsen den Kanten des Oktaeders entsprechen. In Fig. 35 sind die 4 in einer Ebene gelegenen Tochtersterne ganz, der untere hingegen bloss teilweise vorhanden. Der obere Tochterstern ist weggeschnitten Indem ich bezüglich der Prophasenbilder dieser Oktaederteilung auf meine Monographie verweise, möchte ich bloss erwähnen, dass ich auch sämtliche mit Hilfe des Oktaederschemas entworfenen Prophasenbilder unter dem Mikroskop auffinden konnte.



Fig. 34.



Fig. 35.

Fig. 36 endlich stellt das Anaphasenbild der Hexaederteilung dar und Fig. 37 führt ein Kreuz vor Augen, zwischen dessen Schenkeln „Fadenknäule“ sichtbar sind und das einem Prophasenbild der hexaederartigen 8-Teilung entspricht.



Fig. 36.

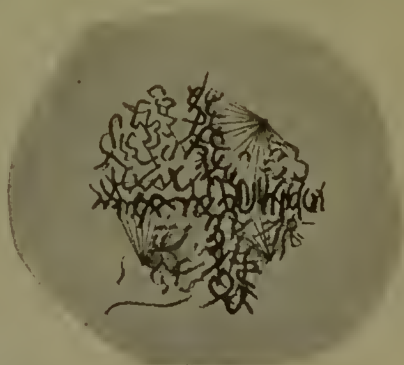


Fig. 37.

Inwiefern nun den Ikosaeder, Dodekaeder oder sonstigen Kristallen entsprechende Mehrteilungen vorkommen, ist schwer zu entscheiden, da ja die Zellen resp. deren Kerne vielfach zusammengepresst und deformiert sind, die den Kristallgerüsten entsprechenden Spindeln vielfach verzerrt erscheinen und infolgedessen die schon sonst äusserst komplizierten Teilungsbilder noch verwickelter aussehen und gar nicht zu entziffern sind.

Jedenfalls möchte es mir den Eindruck grosser Einseitigkeit machen, wollte man sämtliche pluripolare Mitosen dem Schema der 5 stereometrischen Körper einzwängen. Dies erscheint mir umsoweniger zulässig, als ich mitunter komplizierte Mitosen fand, welche den Gesetzen sonstiger Kristalle zu folgen schienen.

Da nach erfolgter Kernteilung die Einschnürung des Protoplasmas stets den Äquatorialebenen der Spindeln entsprechend, d. i. in der Richtung der Muttersterne vor sich geht, so bilden die Tochterzellen dieser stereometrischen Teilungen unmittelbar nach erfolgter Einschnürung Pyramiden, deren Spitzen sich im Zentrum der Zelle berühren. (Fig. 38, 39.)



Fig. 38.



Fig. 39.

Die mitotische Mehrteilung stellt in Anbetracht dessen, dass sie in embryonalen Geweben und in Zellen erwachsener Individuen physiologisch vorkommt, keine pathologische Mitose dar, wie auch heute noch vielfach angenommen wird.

Bedingung für das Zustandekommen derselben ist eine gesteigerte Ernährung resp. ein erhöhter Reiz der Zellen.

Diese meine Befunde und Deutungen, welche seither von His[1]) bei embryonalen Geweben, von v. Hansemann[2]) und Ahrent[3]) bei Geschwülsten bestätigt wurden, veranlassten mich, auch die Amitose von ähnlichen Gesichtspunkten aus zu studieren und da ergab sich nun,

[1]) His: Über den Keimhof oder Periblast des Selachier. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1897.

[2]) v. Hansemann: Die mikroskopische Diagnose der bösartigen Geschwülste. Berlin 1902. S. 93

[3]) Ahrent: Borsts Berichte über Arbeiten aus dem patholog. Institut der Universität Würzburg. Würzburg 1903.

dass die Amitose resp. die direkte Segmentation des Kerns auch insofern stereometrischen Formgesetzen entsprechend verlaufen kann, als die Nukleolen eine den Spitzen stereometrischer Körper entsprechende regelmäfsige Verteilung im Raume erfahren können und die Einschnürung des Kerns genau so erfolgen kann, wie die Einschnürung des Protoplasmas bei der mitotischen Mehrteilung. Dementsprechend wird hier der Kern in gleiche pyramidenartige Kugelschnitte zerlegt, wie das Protoplasma bei der mitotischen Mehrteilung.

Interessant ist es, das Maximow[1]) auch bei dieser direkten Segmentation Attraktionssphären, d. h. ähnliche Kraftzentren beschreibt, wie wir sie bei der mitotischen Mehrteilung kennen. Selbe wirken auf die Kerne insofern eine unverkenntliche mechanische Wirkung aus, als die Kerne den Radien der Sphäre, d. i. den Spindeln der Mitose entsprechend in die Länge gezogen werden, so dass die Kerne zur Oberfläche der Sphäre perpendikulär stehen.

Betont sei noch, dass die Mehrteilungen bloss in mehr weniger kugelartigen, d. i. in verhältnismäfsig regelmäfsigen Zellen den soeben beschriebenen Formgesetzen folgen, in unscharf begrenzten kernhaltigen Syncytien und Plasmazonen hingegen mehr weniger unregelmäfsig verlaufen.

Und dies ist ja auch leicht verständlich. Denn welche Kräfte auch immer den Verlauf der Mehrteilung bedingen, das Resultat ihrer Wirkung wird verschieden sein müssen, je nachdem sie in scharf begrenzten kugeligen Zellen oder in unregelmäfsigen Syncytien zur Wirkung gelangen. Dort werden sie eher eine regelmäfsige Anordnung der Bestandteile resultieren als hier. Wendet man die cellular-mechanische Theorie der Zweiteilung von Heidenhain, Rabl, Reinke und Rhumbler auf die Mehrteilung an und stellt man sich vor, dass bei kugeligen Zellen zwischen dem zentral gelegenen Zentrosom und der Zellmembran radiär gestellte plasmatische Fibrillen gespannt sind, welche eine gewisse Zugwirkung auf das Zentrosom ausüben: so werden bei gleichmäfsiger Vierteilung des Zentrosoms und bei gleichartiger Zugwirkung der Plasmafibrillen die 4 Tochterzentrosome eine Anordnung erfahren, welche den Spitzen eines in die Kugel projizierten Tetraeders entspricht. Bei nicht gleichmäfsig begrenzten Zellen hingegen tritt der unregelmäfsigen Zugwirkung der Plasmafibrillen entsprechend eine unregelmäfsige Gleichgewichtslage und auch eine regellose Teilung ein.

Wie bei Gewebszellen Plasma und Kern, so werden allem nach auch einzellige Individuen bei der Teilung in pyramidenartige Teilstücke zerlegt. Wenigstens fand ich in Hertwigs Lehrbuch der Ent-

[1]) Maximow: Die histologischen Vorgänge bei der Heilung der Hodenverletzungen und die Regenerationsfähigkeit des Hodengewebes. Zieglers Beiträge, Bd. 26.

wicklungsgeschichte Abbildungen, welche dafür sprechen, dass die geschilderte pyramidenförmige Teilung auch beim Furchungsprozess der Eier eine Rolle spielt. Weiterhin geht die Oberflächenfurchung der kugeligen Früchte von Cupressus sempervirens in ähnlicher Weise vor sich, indem diese Früchte in pyramidenartige Teilstücke segmentiert werden. Mithin scheint diese Furchung eine weit verbreitete Art der Teilung zu sein.

Fasse ich die Resultate meiner Zellteilungsstudien kurz zusammen, so kann ich wohl sagen, dass die Kern- und Plasmateilung lebender, gut genährter Zellen nach geometrischen Formgesetzen verlaufen kann, oder anders ausgedrückt bei der Teilung der Zellen, mithin bei einem exquisit biologischen Prozess, Gesetze walten, welche wir bisher bloss bei anorganischen Prozessen, namentlich bei der Kristallisation in Wirkung treten sahen.

Ohne schon hier weitergehende Konsequenzen aus all diesen Beobachtungstatsachen ziehen zu wollen, möchte ich doch, am Schlusse dieses Kapitels angelangt, die bei den „organoiden Zellen“ und den „lebenden Zellen“ gewonnenen Befunde kurz mit einander vergleichen.

Dort hatten wir Gelegenheit, das Entstehen optischer Zellen zu beobachten und auf die intrazelluläre Bildung von Kristallen hinzuweisen. Hier sahen wir, dass die Teilung wahrer, lebendiger Zellen nach den Gesetzen der Kristallisation verlaufen kann.

Ist es da nicht auffallend und im höchsten Maſse beachtenswert, dass sowohl die Kristallisation als auch die kristallartige Teilung im Innern von Zellen auftritt? Und drängt sich da nicht mit elementarer Gewalt der Gedanke auf, dass möglicherweise zum Zustandekommen geometrischer Formen, seien es Kristalle oder stereometrische Zellteilungsprozesse, stets gut begrenzte Territorien erforderlich sind? Und wirft sich hier nicht weiterhin die Frage auf, ob nicht auch jede Kraftäusserung bloss innerhalb gewissermaſsen umschriebener Räume regelmäſsige Formen zustande bringt?

Indem ich es dem geehrten Leser überlasse, in diesen Fragen zu urteilen und mir vorbehalte, weiter unten noch allgemeinere Schlussfolgerungen zu ziehen, möchte ich an dieser Stelle bloss kurz darauf hinweisen, dass in Anbetracht der in diesem Kapitel angeführten Befunde in morphologischer Hinsicht weder die Erscheinung der Kristallisation für das Leblose, noch das Vorhandensein von Zellen für das Leben absolut charakteristische Merkmale darstellen und so keine dieser morphologischen Befunde an und für sich als Kriterien des Lebenden und Leblosen resp. des Organischen und Anorganischen betrachtet und hingestellt werden können.

—

III. Kapitel.

Fermentation, Zelle und Leben.

Obschon Naturforscher früherer Jahrhunderte, so Van Helmont und Boyle im XVI.—XVII. Jahrhundert gewisse Analogien zwischen den Gärungen und dem Leben fanden, so war es doch bloss dem Aufschwunge der Naturwissenschaften im vorigen Jahrhundert vorbehalten, diese Analogien wissenschaftlich zu begründen. Und hier waren es vor allem Claude-Bernard und Pasteur, welche darauf hinwiesen, dass die organischen Umsetzungen im normalen und kranken Körper im Grunde genommen Fermentationsprozesse sind. Claude-Bernard fasste die Gärung als einen allen Lebewesen eigenartigen Prozess auf und Pasteur wurde geradezu durch seine Gärungsarbeiten zum Studium der Infektionskrankheiten angeregt. Wie recht diese Grössen der Naturwissenschaft hatten und welch innige Beziehungen zwischen Fermentation und Leben bestehen, soll nun in grossen Zügen auf Grund neuerer Forschungen nachgewiesen werden.

Wie im vorigen Kapitel, so möchte ich auch hier mit den anorganischen Substanzen beginnen, deren Fermentationsprozesse, die anorganischen Fermente kurz behandeln und von hier fortschreitend auf die Fermentation des lebenden Zellplasmas eingehen.

Schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts waren chemische Prozesse bekannt, welche sich nicht einfach der Lehre von der chemischen Affinität anpassen liessen. So fand Davy, dass bis zu einem gewissen Grade erhitztes Platin in Alkohol- und Ätherdämpfen unter langsamem Schwund des Alkohols und Äthers glühend wird, und ein anderer Forscher gleichen Namens konstatierte, dass fein verteiltes Platinmohr Alkohol in Essigsäure umzuwandeln vermag und inzwischen glühend wird. Erkannte schon Mitscherlich, dass hier gewisse Substanzen einzig durch ihre Anwesenheit wirken, so war es doch erst Berzelius, der das Vermögen des Platins, chemische Verbindungen, so auch Hydrogenhyperoxyd zu zerlegen, näher studierte. Die hiebei wirkende Kraft nannte er katalytische Kraft und wies besonders auf die Analogie dieser Prozesse mit der Fermentation, namentlich mit der Alkoholgärung, hin.

Besonders wichtig waren weiterhin die Befunde Bredigs, wonach namentlich kolloidales Platin, Gold, Quecksilber, katalysatorische Wirkung ausüben.

All diesen anorganischen Katalysatoren kommt nach Ostwald die eigenartige Wirkung zu, Prozesse, die sonst äusserst langsam verlaufen, einzig und allein durch ihre Anwesenheit zu beschleunigen.

Annähernd zu gleicher Zeit mit der Lehre der anorganischen Fermente entwickelte sich auch die vitalistische Disziplin der Gärungen. Schwan, Gay Lussac und Pasteur erkannten in den Spalt-, Spross- und Schimmelpilzen, d. i. in den Bakterien, Blastomyceten und Hyphomyceten die Erreger der Gärungen und fassten letztere als eine Lebensäusserung dieser Mikroorganismen auf.

Einen gewissermafsen abweichenden Standpunkt nahmen in der Frage der Gärungen Liebig und Traube ein. Trotzdem sie zugaben, dass die Gärung an das Vorhandensein gewisser Lebewesen gebunden ist, weigerten sie sich doch, die Gärung als einen Lebensprozess der Mikroorganismen selbst anzuerkennen, vertraten vielmehr die Ansicht, dass die Lebewesen bloss gewisse Substanzen produzieren und demnach bloss als Erzeuger der zur Gärung nötigen Stoffe zu betrachten seien. Indem sie sich so gegen die vitalistische Theorie wandten, lehrten sie, dass all die Substanzen, welche die Alkohol-, Essig-, Buttersäuregärung vermitteln, gleich dem Pepsin Zellprodukte seien und die Gärungen bloss Fermentwirkungen darstellen. Im Gegensatze zu den Mikroorganismen, als formierten, organisierten Fermenten, bezeichnete man diese Zellprodukte als nicht formierte, nicht organisierte, lösliche Fermente und nannte sie mit Traube Enzyme.

Im Grunde genommen handelte es sich also darum, ob die Gärungen an das Leben gewisser Zellen gebundene vitalistische Prozesse, d. i. Lebensäusserungen darstellen, oder bloss als Fermentwirkungen zu betrachten seien.

In der Pepsin-, Trypsinwirkung waren, wie erwähnt, Prozesse bekannt, welche vielfache Analogien mit Gärungen zeigten; da aber selbe nichts weniger als vitalistische Prozesse darstellen, schrieb man dieser Analogie keine wesentliche Bedeutung zu und hielt im allgemeinen an der vitalistischen Lehre der Gärungen fest.

Das grosse Verdienst, der vitalistischen Theorie den Todesstoss gegeben und die Liebig-Traubesche Theorie zu ihrem Rechte verholfen zu haben, kommt Buchner zu. Buchner gewann 1897 bei 500 Atmosphärendruck aus Hefe einen Saft, die Zymase, welche mikroskopisch und kulturell frei von lebenden Hefezellen war und doch gleich lebenden Hefezellen Zucker zu Alkohol und Kohlensäure vergärte. Ja selbst Alkoholniederschläge dieser Zymase bewirkten Gärung

und neuestens zeigte es sich, dass bei Einwirken von Aceton auf Gärungsmikroorganismen letztere momentan zugrunde gehen, deren Fermente aber erhalten bleiben und rein chemisch spezifische Gärungen hervorrufen. Kurz, der Gärungsvorgang, der bisher als Zell- resp. Lebensprozess aufgefasst wurde, entpuppte sich als eine einfache Enzymwirkung. Durch diese wichtige Entdeckung war das Eis gebrochen und heute sind auch bereits die Enzyme der Essig- und Milchsäuregärung bekannt.

Hiedurch war nun aber zwischen die leblosen anorganischen Fermente, die ich weiterhin kurz als Katalysatoren bezeichnen möchte, und zwischen die lebenden organischen Fermente, d. i. zwischen die Zellen und Mikroorganismen, ein neues vermittelndes Glied, d. i. die toten organischen Fermente, eingefügt und hierdurch die bisher lockere Kette der Fermente überhaupt fester geschlossen.

Zugleich wurden aber auch die Unterschiede zwischen den verschiedenartigsten Fermenten mehr weniger verwischt und die Kluft zwischen den toten und lebenden Fermenten gewissermaſsen überbrückt.

Suchen wir nun nach den charakteristischen Merkmalen, welche den Fermenten im allgemeinen zukommen und selbe als gesonderte Gruppe von anderen Verbindungen trennen, so werden wir vor allem a) die kolloïdale Beschaffenheit, weiterhin b) die Eigenschaft hervorheben müssen, gewisse Zersetzungen, beispielsweise die Zersetzung von Hydrogenhyperoxyd in Wasser und Oxygen auffallend zu beschleunigen. Noch auffallender erscheint, dass c) Plasmagifte die Wirkung sämtlicher Fermente hintanhalten. Endlich wies d) neuerer Zeit Neilson,[1]) Assistent von Loeb, nach, dass die bisher bloss gewissen organischen Fermenten zugeschriebene Fähigkeit der Umkehrbarkeit von Enzymwirkungen auch nichts spezifisch vitales ist, da es sich zeigte, dass Platinmohr ebenso, wie die Lipase nicht nur Äthylbutyrat verdaut, sondern auch umgekehrt die Synthese von Alkohol und Buttersäure in Äthylbutyrat ausführt. Ob die Befunde von Metallen in Fermenten, beispielsweise von Mangan in der Laccaze (Bertrand), von Eisen in Papayotin, Trypsin, Pepsin, Emulsin, Diastase (Sacharow) die Annahme gestatten, dass die Fermentwirkung im allgemeinen an das Vorhandensein eines Metalls gebunden sei, bleibt vorderhand dahingestellt.

Fragen wir nun demgegenüber nach den Merkmalen, auf Grund deren die verschiedenen Fermente, namentlich die organischen und anorganischen gesondert werden können, so werden wir als Unterschiede a) die einfache Kon-

[1]) Neilson: Zitiert bei Loeb: Sind die Lebenserscheinungen wissenschaftlich und vollständig erklärbar? Die Umschau 1903, No. 2.

stitution der anorganischen und die komplizierte Zusammensetzung der organischen Fermente hervorheben müssen. Allem nach stellen die organischen Fermente Eiweisskörper oder denen nahe verwandte Stoffe dar, was ja auch einleuchtend ist, wenn man bedenkt, dass sie ja ihre Entstehung lebendem Plasma verdanken. Als weitere Differenz wäre anzuführen, dass b) die Fluoreszenz bloss auf organische Fermente einen Einfluss ausübt, indem sie die Wirkung derselben verlangsamt.

Wie ersichtlich, stellen all diese Merkmale bloss allgemeine Unterschiede zwischen anorganischen und organischen Fermenten dar und Liebermann leugnet, dass zwischen der Fermentation der Kolloidmetalle und der der organischen Fermente ein prinzipieller Unterschied bestehe.

Welche Übereinstimmungen resp Differenzen auch immer zwischen den anorganischen und organischen Fermenten bestehen, so viel ist sicher, dass sich die toten organischen Fermente von den lebenden organischen Fermenten durch das Leben unterscheiden.

Und hier sind wir nun bei der Frage hinsichtlich der Beziehung der Fermentation zum Leben angelangt.

Inwiefern es berechtigt erscheint, die durch organische Fermente hervorgerufenen Prozesse als Gärungen zu bezeichnen und inwiefern es angeht, gewisse Fermentationen als Lebensprozesse aufzufassen, darauf möchte ich hier nicht eingehen, denn im Grunde genommen hängt ja die Beantwortung dieser Fragen einzig und allein davon ab, was man unter Gärung und was man unter Leben versteht.

Vielmehr möchte ich die Beziehungen der durch organische Fermente bewirkten Fermentationen zum Lebensprozess selbst festzustellen suchen.

Um dies tun zu können, müssen wir vor allem den Begriff des aktuellen Lebens zu präzisieren suchen.

Während man früher vielfach bestrebt war, aus den Erscheinungen des aktuellen Lebens eine einzige Erscheinung, beispielsweise die Bewegung, die Irritabilität usw., herauszugreifen und als charakteristisches Merkmal des Lebens hinzustellen, betrachtet man neuerer Zeit den Erscheinungskomplex des Lebens resp. dessen sämtliche Komponenten als charakteristisch für das Leben und legt bei der Bezeichnung des Lebens hauptsächlich auf die Unbeständigkeit, auf die Bewegung resp. den kontinuierlichen Wechsel der Materie und auf die entsprechende Entwicklung und Anhäufung von Energie das Hauptgewicht. Die Gesamtheit dieser chemisch-physikalischen Veränderungen des lebenden Plasmas bezeichnet man neuerer Zeit als Metabolismus. Diesem Begriffe unterordnet man sowohl die synthetischen Prozesse der Assimilation resp. des Anabolismus, als auch die analytischen Prozesse der Dissimilation resp. des Katabolismus und betrachtet auch

die Ernährung, das Wachstum und die Entwicklung als eine natürliche Folge des Metabolismus. Kurz, sämtliche Lebenstätigkeiten gründen sich auf den Metabolismus der lebenden Substanz und nicht eine einzige Erscheinung, sondern der Metabolismus mit all seinen Erscheinungen ist für das aktuelle Leben charakteristisch.

Welche Beziehungen bestehen nun zwischen der Fermentwirkung und dem Stoffwechsel des lebenden Plasmas resp. dem Metabolismus der lebenden Substanz?

Schon Claude-Bernard erklärte die Fermentation als einen allen Lebewesen zukommenden chemischen Prozess und neuerer Zeit bezeichnet Haliburton die organischen Fermente geradezu als Stoffe, welche die Eigenschaften lebenden Eiweisses besitzen. Nach Hofmeister, Pauli und Ostwald kommt einem jeden an das Leben gebundenen chemischen Prozess ein spezifisches Ferment zu und auf Zusammenwirken dieser Fermente beruhen der Stoffwechsel und alle Erscheinungen des Lebens. Ja, neuerer Zeit wurde selbst darauf hingewiesen, dass gewisse Oxydationsprozesse und das Assimilationsvermögen des Chlorophylls, welch letzteres bisher für einen exquisiten Lebensprozess gegolten, einfache Enzymwirkungen darstellen. Die Entdeckung des Oxydationsfermentes, der Oxydase, knüpft sich hauptsächlich an die Namen Schmiedeberg und Jaquet, und der Hinweis, dass die Kohlensäure-Assimilation der Pflanzen auch in vitro zustande kommt, stammt neuerer Zeit von Jean Friedel. Ja, Macchiati gibt an, selbst mit im Niederschlag erhaltenem Assimilationsferment Assimilation hervorgerufen zu haben.

Und wirft sich da in Anbetracht dessen, dass der für gewisse Zustände des Lebens als charakteristisch hingestellte Stoffwechsel zugleich auch für gewisse Fermentationen charakteristisch ist, nicht von selbst die Frage auf, ob nicht auch das Leben bloss als ein eigenartiger Fermentationsprozess aufzufassen sei?

Ich spreche absichtlich von gewissen Fermentationen und gewissen Zuständen des Lebens. Denn gleich wie die durch anorganische Fermente bedingten gärungsähnlichen Zustände nichts mit dem Leben gemein haben, so wird man auch einen gewissen Zustand des Lebens, ich meine das potentielle Leben, oder den Scheintod nicht mit der Fermentation vergleichen wollen.

Da wir nun, wie im I. Kapitel gesehen, das Leben bloss aus seinen Erscheinungen erkennen, resp. bloss die Bedingungen feststellen können, unter denen das Leben erhalten bleibt, so müssen nun, um in der aufgeworfenen Frage klar urteilen zu können, vorerst die Bedingungen, unter denen Fermentation und Leben erhalten bleiben, einem vergleichenden Studium unterzogen werden.

Und solche eingehende Studien verdanken wir Bokorny.[1]) Dieselben ergaben nun, dass die Bedingungen des aktiven Lebens und der organischen Fermentation im allgemeinen die gleichen sind, was ja auch a priori einleuchtend ist, wenn man bedenkt, dass bei beiden Prozessen hochkomplizierte Eiweissstoffe im Spiele sind. Denn wie besonders aus den tabellarischen Zusammenstellungen von Bokorny ersichtlich, wird das Ferment durch die gleichen Einflüsse günstig oder ungünstig beeinflusst, wie das lebende Protoplasma. Dieselben Temperaturen. welche das Leben begünstigen, hintanhalten oder vernichten. tun dies auch bei den Fermenten. Chemikalien üben in geringen Konzentrationen auf Plasma und Ferment den gleichen günstigen Einfluss aus und töten selbe bei höherer Konzentration. Desgleichen üben Licht, fluoreszierende Substanzen, Eintrocknen einen gleichen Einfluss auf Lebewesen wie auf Fermente.

Kurz, Leben und Fermentation zeigen auch bezüglich der Bedingungen, unter denen sie verlaufen, ein derart analoges Verhalten, dass sich unwillkürlich die Frage aufwirft, ob denn der Metabolismus resp. die verschiedenen Lebenstätigkeiten des Plasmas doch nicht bloss einen Erscheinungskomplex verschiedener Fermentationswirkungen darstellen und ob man so in Fällen, wo der Einfluss der Aussenbedingungen auf das lebende Plasma studiert wird, eventuell nicht bloss die Veränderungen der Fermente beobachtet.

Haben wir so die innigen Beziehungen zwischen Fermentation und Leben erkannt und gewisse Lebenserscheinungen auf Fermenterscheinungen zurückzuführen gesucht, so fragt es sich nun, ob denn zwischen Fermentation und Leben überhaupt welche Unterschiede bestehen?

Und hier können wir nun eine positive Antwort geben und als einzigen durchgreifenden Unterschied die Abstammung der Fermente vom lebenden Zellprotoplasma hinstellen. Organische Fermente sind stets Produkte eines Lebensprozesses und nehmen als solche gegenüber dem Leben selbst eine untergeordnete Stellung ein. Nach Walther[2]) sollen sie den, die Atome verbindenden elektrischen Strom ein- und ausschalten und so gleichsam Stromregulatoren darstellen; auch Neumeister und seine Schüler schreiben den Enzymen eine sehr untergeordnete Rolle zu. Hofmeister, Pauli und Ostwald gegenüber leugnen sie, dass der wesentliche Moment des Lebens, die „Lebenskraft“ den Enzemen zukomme, erklären es für undenkbar, dass das Leben, die Bewegung, der Auf- und Abbau der Zellen resp. des Protoplasmas bloss durch Vermittelung von Enzymen erfolgen könne, betrachten letztere vielmehr bloss als Ernährer und Verteidiger des

[1]) Bokorny: Protoplasma und Enzym. Pflügers Arch. Bd. 85, 1901, S. 257.
[2]) Walther: Chemiker-Zeitung 1902, No. 66.

Plasmas. Ihnen komme die Aufgabe zu, die vom Plasma fernstehenden Substanzen durchzuarbeiten und die enzymartigen Antitoxine, Alexine, Hämolysine, Präzipitine sollen die feindlichen Substanzen (Toxine u. s. w.) unschädlich machen.

Während so von einer Seite her wohl die Wichtigkeit der Fermente beim Lebensprozess anerkannt wird, selben aber in den innigsten Angelegenheiten des Lebens keine entscheidende Rolle zugeschrieben wird, sucht man auf der anderen, extremen Seite auch die letzte Schranke zwischen Ferment und Leben niederzureissen, indem man auch der Zymase irgend welches Leben zuschrieb (Cremer), weiterhin auch Fermente aus sich selbst hinaus entstehen liess (Gautier) und selbst die Entstehung des Lebens als einen Fermentationsprozess betrachtete (Duclaux).

Ohne auf die hier berührten Fragen näher einzugehen, möchten wir uns mit der Erkenntnis dessen begnügen. dass die Fermente Produkte des lebenden Plasmas darstellen und als solche bei dem für das Leben charakteristischen Stoffwechselprozess eine wichtige Rolle spielen. Und diese Tatsache möchten wir nun auch als Ausgangspunkt unserer weiteren Betrachtungen hinstellen.

Wie die Lebensprozesse überhaupt. so werden auch die Infektionskrankheiten, d. i. die Lebensprozesse pathogener Bakterien im tierischen Organismus und die Reaktionen des erkrankten Körpers, namentlich die Produktion von Gegengiften (Antitoxine. bakterizide Substanzen etc.) als Fermentationsprozesse aufgefasst Schon die Bezeichnung der pathogenen Bakterien als „Fermentum morbi“ drückt dies deutlich aus.

Nun fragt es sich aber, ob die Entstehung der infektiösen Erkrankungen stets an das Leben der Bakterien gebunden ist, oder ob solche spezifische Erkrankungen, gleich der spezifischen Alkohol-, Milchsäure-, Buttersäure-Gärung auch durch leblose resp. durch abgetötete Bakterien hervorgerufen werden können.

Trotzdem diese Frage, besonders hinsichtlich der Tuberkulose schon seit längerer Zeit aufgeworfen wurde, blieb sie doch trotz zahlreicher daraufhin gerichteter Arbeiten unentschieden. Denn während einige Autoren (Prudden und Hodenpyl, Wissmann, Abel) durch abgetötete Tuberkelbazillen zwar eine produktive Entzündung erzeugen konnten, doch die für die Tuberkulose spezifische Verkäsung stets vermissten und infolge dessen die durch lebende und tote Tuberkelbazillen bedingten pathologischen Prozesse auseinanderhielten: konnten andere (Strauss, Gamaleia, Grancher, Ledoux-Lebard) bei Impfung mit abgetöteten Tuberkelbazillen auch zentrale Verkäsung nachweisen und identifizierten die durch abgetötete Tuberkelbazillen bedingten Prozesse mit den durch lebende Bazillen hervorgerufenen Prozessen.

Anlässlich meiner Studien über die Virulenz von Tuberkelbazillen[1]) ging ich auch auf das Studium dieser fraglichen „Nekrotuberkulose" ein und fand, dass virulente Tuberkelbazillen auch nach einer sicheren Abtötung im Autoklav bei 120° C. bei Tieren das anatomische und histologische Bild typischer Tuberkulose hervorzurufen vermögen. Ohne darauf hier näher einzugehen, an welche spezielle Bedingungen das Entstehen der von mir als „Intoxikationstuberkulose" genannten Tuberkulose gebunden ist, möchte ich nur noch kurz darauf hinweisen, dass neuerer Zeit auch Sternberg[2]) unabhängig von mir den abgetöteten Tuberkelbazillen die Fähigkeit zuschreibt, typische Verkäsung hervorzurufen. Und in Anbetracht dessen, dass auf Grund dieser neueren Arbeiten auch Engelhardt[3]) seinen in dieser Frage eingenommenen Standpunkt etwas modifizierte und auch die Frage der „Nekrotuberkulose" im positiven Sinne beantwortet, kann diese Frage heute als erledigt betrachtet und im allgemeinen auch pathogenen Bakterien die Fähigkeit zugeschrieben werden, gegebenenfalls selbst im abgetöteten Zustande d. i. rein chemisch durch Proteïn- resp. Endotoxinwirkung den, durch lebende Bakterien hervorgerufenen Prozessen entsprechende typische pathologische Veränderungen zu erzeugen. Natürlich fehlt bei der Impfung mit abgetöteten Bakterien die für die Infektion charakteristische Vermehrung der Bakterien und deren Symbiose mit dem tierischen Organismus und die „Infektionskrankheit" kommt durch Intoxikation zustande.

Demnach kann nun aber auch behauptet werden, dass spezifische Wirkungen, welche gewöhnlich durch lebende Zellen resp. Mikroorganismen erzeugt werden, so die verschiedenen Gärungen, die Oxydations- und Assimilationsprozesse auch durch leblose Zellen und Mikroorganismen resp. durch deren Fermente und Gifte hervorgerufen werden können.

Berücksichtigt man endlich, dass ausser den organischen Zell- und Mikroorganismen-Fermenten, wie erwähnt auch anorganische Fermente existieren, und dass zwischen den durch all' diese Fermente bedingten Fermentationsprozessen wohl qualitative und quantitative, doch nicht prinzipielle Unterschiede bestehen: so wird man auch in der Fermentation als chemischen Prozess, nichts weniger als ein allgemein charakteristisches Merkmal, als ein Kriterium des Lebens erblicken können.

---

1) Krompecher: Annales de l'Institut Pasteur XIV Bd., S. 723 und Magyar Orvosi Arch., XI. Bd., S. 1.

2) Sternberg: Zentralbl. f. allgem. Pathol. und pathol. Anat., XIII. Bd., No. 19.

3) Engelhardt: Zentralbl. f. allgem. Pathol., XIV. Bd., S. 52, 1903.

IV. Kapitel.

Erscheinung, Entstehung und Deutung des Lebens.

Im Laufe unserer Betrachtungen haben wir die verschiedenen Phasen und Stadien des Lebens kurz besprochen und auf einige wichtige Erscheinungen des Lebens hingewiesen. Mit besonderem Nachdruck wurde betont, dass bei der Fortpflanzung des Lebens durch mehrfache Zellteilung, mithin beim Lebensprozess auf höchster Stufe Kräfte in Aktion treten, wie wir sie bisher bloss bei der Kristallisation kannten. Auch bei der Fortpflanzung der Organismen durch Zellteilung ist somit das von Newton betonte Walten der Geometrie klar zu erkennen.

Scheinen demnach diese Befunde darauf hinzuweisen, dass Kräfte, die wir bisher bloss in der anorganischen Natur beobachteten, auch in der Biologie weit verbreitet tätig sind: so geht demgegenüber aus den höchst interessanten Untersuchungen von Bose zweifellos hervor, dass Kraftäusserungen, welche bisher bloss in der Biologie beobachtet wurden und als „elektrische Reaktionen des Lebens" bezeichnet wurden, auch in der leblosen Welt weit verbreitet sind. Kurz, Kräfte der anorganischen Welt kommen auch in der Biologie zur Geltung und das Walten gewisser „Lebenskräfte" wird auch in der leblosen Natur beobachtet.

Um nun auch aus diesen Befunden weitere Konsequenzen hinsichtlich der Kriterien des Lebens ziehen zu können, müssen vorerst die Hauptergebnisse der im allgemeinen noch wenig bekannten Arbeit Boses kurz besprochen und zusammengefasst werden.

Bose, der bereits früher eine Reihe von Arbeiten über die elektrischen Reaktionen bei organischen und anorganischen Substanzen publizierte, fasst die Ergebnisse seiner exakten Studien in einem fast 200 Seiten starken, reich illustrierten Buche zusammen [1]).

Zwecks genauerer quantitativer Bestimmung der elektrischen Reaktionen wurden sinnreiche Versuchsanordnungen getroffen und sowohl der Ruhestrom, als auch die negativen Schwankungen studiert. Ohne

---

[1]) Bose, J. Ch.: Repose in the living and non living. Longmans, Green and Co. London, New-York, Bombay 1902. Referiert unter dem Titel: Elektrische Reaktionen des Lebens in: Die Umschau 1904, No. 33 von Liebig, H.

auf die Technik näher einzugehen, sei bloss kurz rekapituliert, dass unter Ruhestrom derjenige elektrische Strom verstanden wird, der von der verletzten Querschnittstelle, beispielsweise eines Muskels, nach der unverletzten Oberfläche strömt (Fig. 40). Verbindet man daher die

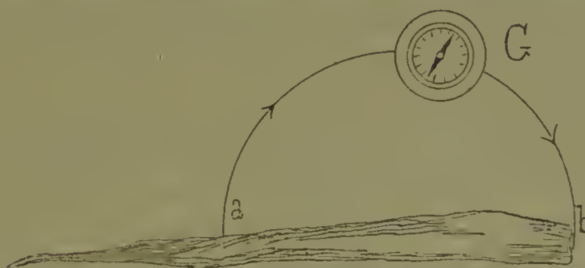


Fig. 40.

intakte Oberfläche (a) mit der Querschnittsfläche (b) durch einen Draht und schaltet einen Galvanometer (G) ein, so fliesst in diesem Draht der Ruhestrom von der unverletzten Oberfläche nach dem verletzten Querschnitt, was durch den Ausschlag der Galvanometernadel angezeigt wird. Wird nun der Muskel durch Schlag, oder durch einen elektrischen Wechselstrom, oder sonst irgend gereizt, so wird die Nadel von ihrer Ausschlagsstelle zurückgedrängt und diese, anscheinend durch einen Gegenstrom bewirkte Schwankung heisst negative Schwankung.

Da die elektrischen Erscheinungen an Pflanzen aus den Arbeiten von Hermann, Kunkel, Haacke, Burdon-Sanderson, Munck wohl bekannt, doch meist bloss qualitativ studiert waren, suchte Bose selbe auch quantitativ zu bestimmen und stellte auch weitgehende Analogien zwischen der tierischen und pflanzlichen Elektrizität fest. Verschiedene Pflanzen verhalten sich hinsichtlich der Gleichmäfsigkeit des Effektes verschieden. Einige lassen lange Zeit gleichmäfsige Reaktionen erkennen, andere ermüden rasch; wieder andere, namentlich welke Pflanzen, reagieren bei wiederholter Reizung stärker, werden geradezu aus ihrer Lethargie aufgerüttelt. Auch hinsichtlich der Wirkung höherer oder niederer Temperaturen, weiterhin gegenüber der Narcotica und Gifte lassen die Pflanzen ein ähnliches Verhalten erkennen wie Tiere. Kalilauge wirkt beispielsweise in schwacher Lösung anregend, in starker vergiftend. Wie bei Tieren, so wurden auch bei Pflanzen Hysterieerscheinungen beobachtet, und gleich wie beim Muskel, so erscheint auch hier die elektrische Reaktion kurz vor dem Tode gesteigert, um dann rasch abzunehmen und schliesslich ganz zu verschwinden.

All' diese, namentlich aber die Ermüdungserscheinungen weisen darauf hin, dass es sich bei diesen elektrischen Reaktionen um Lebenserscheinungen handelt. Sämtliche das Leben der Pflanze fördernden Einflüsse begünstigen auch die elektrische Reaktionsfähigkeit und umgekehrt. Das Bestehen resp. das Fehlen dieser elektrischen Reaktion ist das sicherste Zeichen des Lebens resp. des Todes der Pflanzen.

Weiterhin weist Bose nach — und hierin liegt der Schwerpunkt seiner Untersuchungen — dass sich auch Metalldrähte ganz genau so wie lebende Tier- und Pflanzenteile verhalten. Zink und Platindrähte lassen auch elektrische Reaktionen erkennen. Bei hohen Temperaturen und bei Einwirken starker Gifte z. B. von Oxalsäure oder Alkalilösungen bleiben die elektrischen Reaktionen aus, der Draht wird abgetötet. Verdünnte Lösungen, z. B. Sodalösungen erhöhen die Reaktionen und wirken demnach stimulierend. Bromkali wirkt, gleich wie auf die Nerven beruhigend, d. i. empfindungshemmend. Kurz, sämtliche bei Tieren und Pflanzen beobachteten und als Treppeneffekt, Umwandlung der Stromrichtung, Summationserscheinungen bezeichneten Effekte sind genau auch bei Metalldrähten zu beobachten. Durch Ausglühen, Hämmern lassen sich getötete Drähte wieder zum Leben erwecken.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen nimmt Bose molekuläre Verschiebungen innerhalb der Materie an. Diese Hypothese erinnert an diejenige, welche zur Erklärung des Magnetismus im weichen Eisen angeführt wird und auf Gleichrichtung kleiner Molekularmagnete beruhen soll.

Höchst bemerkenswert ist es, dass diese elektrischen Erscheinungen, seien sie auch physikalischer Natur, bei Tieren und Pflanzen an das Leben geknüpft sind und mit dem Aufhören des Lebens verschwinden.

Gleichwie Bose in den elektrischen Reaktionen Lebenserscheinungen der Metalle zu erblicken geneigt ist, so sprechen Andere von Krankheitserscheinungen resp. Erkrankungen der Metalle und rechnen hierher die „Blaubrüchigkeit“ und die „Wasserstoffbrüchigkeit“ des Eisens, weiterhin die „Zinnpest“.

Wie ich einem Artikel von Heyn[1]) entnehme, hat erst unlängst Osmond auf Beziehungen zwischen zelligem Aufbau organischer Stoffe und dem Aufbau gewisser Metalle hingewiesen. Auch hebt Heyn bei der Besprechung von Krankheitserscheinungen des Eisens hervor, dass selbes bei 900° aus einem Aggregatzustande in einem anderen übergehe und dass dieser Übergang von einer Kristallisation begleitet wird. Die Grösse der Kristalle hängt von der Abkühlung ab; je rascher selbe erfolgt, desto kleiner sind die Kristalle, je langsamer um so grösser. Bei 250—300° geht Flusseisen durch die Zone des Blaubruches hindurch und ist ausserordentlich empfindlich gegen Formänderung. Bei gewissen Wärmegraden verliert Eisen die Eigenschaft, der magnetischen Kraft zu folgen. Überhitztes Eisen kann derart spröde sein, dass es

---

[1]) Heyn: Über Krankheitserscheinungen in Eisen und Kupfer. Zeitschr. d. Ver. d. Ingenieure 1902, S. 115.

schon bei Herabfallen auf den Fussboden bricht. Desgleichen erhöht Überhitzen über 500° die Sprödigkeit des Kupfers.

Nach Bose seien durch seine Versuche die elektrischen Reaktionen d. i. exquisit an das Leben geknüpfte Erscheinungen, „Lebenserscheinungen" rein physikalisch erklärt und hierdurch der Vitalismus endgiltig vernichtet!

Dass Bose durch seine Studien den Kern des Vitalismus nicht berührte, geschweige denn den Vitalismus endgiltig vernichtete, darauf soll weiter unten ausführlicher eingegangen werden.

Bevor wir nun aber auf das so viel umstrittene Problem des Mechanismus und des Vitalismus zu sprechen kommen resp. auf die Frage der Deutung des Lebens eingehen, mögen vorerst die Konsequenzen aus unseren bisherigen Betrachtungen gezogen werden und namentlich die Fragen hinsichtlich der Kriterien des Lebens und der Generatio spontanea besprochen werden.

* * *

Die Fragen, welche sich beim Rückblick auf das Gesagte aufwerfen, lauten:

I. Inwiefern kann das Gesamtleben überhaupt aus seinen äusseren Erscheinungen erkannt werden?

II. Inwiefern stellen gewisse Erscheinungen resp. Erscheinungskomplexe des Lebens vom Standpunkte der Biologie charakteristische Merkmale des Lebens resp. biologische Kriterien dar?

III. Inwiefern sind solche biologische Kriterien zugleich auch vom allgemein naturwissenschaftlichen Standpunkte aus als prinzipielle Unterschiede zwischen lebender und lebloser Materie aufzufassen?

IV. Wie ist das Leben naturwissenschaftlich zu deuten?

V. Welche Weltanschauung ergibt sich aus dem Studium des Lebens?

Ad I. Die Beantwortung der ersten Frage, inwiefern das Gesamtleben überhaupt seinen äusseren Erscheinungen nach erkannt werden kann, hängt einzig davon ab, wie weit man den Begriff des Lebens ausdehnt.

Wie gesehen, äussert sich das Leben in seinen verschiedenen Zuständen ganz verschieden. So lässt das potentielle oder inaktive Leben, beispielsweise das Keimleben der Samen, Eier, Bakteriensporen in seinem latenten Zustande keine äusseren Lebens-„Erscheinungen", d. i. weder Stoff-, noch Gas- und Wärmewechsel erkennen. Demgegenüber äussert sich das aktuelle Leben sowohl im normalen, als auch im krankhaften

Zustande in den mehr weniger charakteristischen Erscheinungen des Stoff-, Gas- und Wärmeumsatzes, welche vornehmlich in der Assimilation, Funktion und Vermehrung zum Ausdruck gelangen und deren Gesamtheit man, wie erwähnt, als Metabolismus bezeichnet. Und je nach der Verschiedenheit der Lebensäusserung oder Lebenserscheinung unterscheidet man wieder verschiedene Formen des aktuellen Lebens.

Geht man nun daran, den Begriff des potentiellen Lebens zu präzisieren, so wird man von einer Definition den äusseren Erscheinungen nach ganz absehen müssen und als Kriterium desselben bloss die Möglichkeit hinstellen können, sich gegebenenfalls in geeignetem Milieu in aktuelles Leben umzuwandeln.

Bei den verschiedenen Formen des aktuellen Lebens hingegen wird man auf die verschiedenen Erscheinungen des Metabolismus, so auf den Stoff-, Gas-, Wärmeumsatz, auf die Ortsbewegung, auf das Empfindungsvermögen und auf die psychischen Erscheinungen hinweisen und die verschiedenen Zustände des aktuellen Lebens den verschiedenen Erscheinungen nach auseinanderhalten können.

Dehnt man nun — und mit Recht — den Begriff des Lebens auch auf das potentielle Leben aus, so ergibt sich, dass den äusseren Erscheinungen nach das aktuelle Leben nicht, aber das potentielle Leben erkannt werden kann, und dass demnach *die äusseren Erscheinungen kein allgemeingiltiges Kriterium des Lebens, speziell des potentiellen Lebens darstellen.*

Ad II. Die zweite Frage, *inwiefern gewisse Erscheinungen resp. Erscheinungskomplexe bloss beim Leben vorkommen und demnach vom Standpunkte der Biologie Kriterien des Lebens darstellen,* werden wir auch zum Teil im negativen Sinne zu beantworten haben. Denn Erscheinungen, welche früher vielfach mit dem Begriffe des Lebens als unzertrennlich verknüpft erschienen, wurden neuerer Zeit auch bei leblosen Prozessen beobachtet, und heute kennen wir keine einzige Erscheinung, welche an und für sich, d. i. von den übrigen Erscheinungen gesondert, für das Leben charakteristisch wäre. Indem ich bezüglich der Einzelheiten auf das oben Gesagte verweise, sei hier nachdrücklich bloss auf die Befunde elektrischer Reaktionen bei Metalldrähten und darauf hingewiesen, dass auch das Oxydationsvermögen, weiterhin die Chlorophyll-Assimilation der Pflanzen als einfache Fermentationsprozesse gedeutet werden und auch in vitro bei Ausschluss alles Lebens vor Augen geführt wurden. Berücksichtigt man weiterhin, dass — wie gesehen — auch die Kristalle als Individuen ein typisches Wachstum und Regenerationsvermögen erkennen lassen, dass weiterhin auch bei anorganischen Substanzen zellartige Strukturen resp. organoide Formen und bei flüssigen Kristallen amorphe Wachstumserscheinungen vorkommen, und so auch das Wachstum und das *morphologische*

Erscheinen nichts weniger als charakteristische Merkmale der lebenden Substanz darstellen: so wird man vom Standpunkte der Biologie aus von vereinzelten Erscheinungen, als biologischen Kriterien im allgemeinen absehen müssen. Gewisse Erscheinungen, beispielsweise die Erscheinungen des Wachstums, der Bewegung sind bloss insofern für das Leben charakteristisch, als sie sich qualitativ von Wachstums- resp. Bewegungserscheinungen anorganischer Substanzen unterscheiden.

Nicht die Erscheinungen als solche, nicht die Bewegung, nicht das Wachstum im allgemeinen, sondern die Art und Weise der Bewegung und des Wachstums, der ganz spezielle Verlauf der Erscheinung, der Erscheinungsprozess ist für das Leben charakteristisch.

Nicht auf vereinzelte Erscheinungen, sondern einerseits auf deren Qualität, andererseits auf gewisse Erscheinungskomplexe wird die Biologie bei der Definition des aktuellen Lebens Gewicht zu legen haben. Die Qualität der Einzelerscheinungen, deren ganz spezieller Ablauf charakterisiert das Leben und die Gesamtheit der Erscheinungen, welche als Metabolismus bezeichnet wird, macht vom Standpunkte der Biologie aus den Inbegriff des aktuellen Lebens aus.

Schon derjenige Erscheinungskomplex des Metabolismus, welcher sich im Stoffwechsel des Lebens äussert und in der Fähigkeit des Plasmas besteht, hochkomplizierte chemische Verbindungen, vor allem Eiweisskörper zu produzieren, unterscheidet das Leben von der toten Substanz, ist demnach für das Leben im allgemeinen charakteristisch und kann als Kriterium des Lebens resp. als biologisches Kriterium betrachtet werden. Und diese Fähigkeit, diese Potenz, Eiweisskörper zu produzieren, kommt sowohl dem aktuellen als auch dem potentiellen Leben zu. Beim aktuellen Leben ist diese Produktion im Gange, beim potentiellen oder Keimleben schlummert sie, bleibt aber jahrelang erhalten und gelangt im geeigneten Milieu zur Entfaltung.

Doch auch in der Produktionsfähigkeit von Eiweissstoffen an und für sich ist noch nicht der eigentlich wesentliche Moment des Lebensprozesses ausgedrückt.

Denn, Eiweisskörpern ähnliche Substanzen gelang es bereits künstlich synthetisch darzustellen. Sollte es nun — was zu erwarten ist — gelingen, wirkliche Eiweissstoffe künstlich zu erzeugen, so hört auch dies Produktionsvermögen von Eiweisskörpern auf als Kriterium des Lebens zu gelten. Auch hier bliebe dann bloss die Art und Weise der Produktion dieser Eiweisskörper für das Leben charakteristisch.

Der wesentliche Moment des Lebens ist die Fähigkeit der lebenden Substanz lebendes Protoplasma, neues Leben zu produzieren. Die Potenz des lebenden Plasmas sich fortwährend zu erneuern, die

Fähigkeit des Lebens Leben zu bilden, stellt vom Standpunkte der Biologie aus das allgemeine, charakteristische Merkmal des Lebens dar.

Fragen wir nun, woraus die lebende Substanz die Eiweissstoffe und namentlich lebendes Plasma resp. neues Leben produziert, so sind wir bei der Frage nach der Entstehung des Lebens angelangt.

Dass durch die Vermittelung des Lebens in der Natur stets tote Materie in lebende Substanz übergeführt und im Stadium des Wachstums lebendes Plasma aufgestapelt wird, ist allbekannt. Man bedenke nur, wie viel Leben bei der Vermehrung eines Mikroorganismus auf künstlichen Nährböden innerhalb Stunden und Tagen entsteht, oder wie viel Leben sich im Frühling und Sommer in der freien Natur entfaltet. Diese vermittelte Umwandlung lebloser in lebende Substanz kann stufenweise verfolgt werden, da ja die Pflanzen synthetisch vegetatives Leben schaffen, selbes bei den pflanzenfressenden Tieren in animalisches übergeführt wird und beide beim Menschen in psychisches resp. geistiges Leben umgewandelt werden.

Ohne auf diese Umwandlungsprozesse selbst einzugehen, sei bloss betont, dass gerade das Vermögen des lebenden Eiweisses aufgenommene Nährstoffe in lebendes Eiweiss seinesgleichen umzuwandeln, als Assimilation im engeren Sinne des Wortes bezeichnet wird.

Während man früher bloss annahm, dass das Eiweiss, beispielsweise das Eiweiss der Leberzellen verschiedener Tierspezies, verschieden ist, d. i. dass artverschiedene, wenngleich funktionsidentische und auch morphologisch ganz ähnliche Zellen und Gewebe biomechanisch strukturell verschiedenes Eiweiss enthalten, hat neuerdings die bakteriologisch begründete biologische Forschungsmethode diese Annahme zur Gewissheit erhoben.

Heute wissen wir, dass die Blutkörperchen vom Rind und Pferd chemisch verschieden gebaut sind, da ja das Serum eines Kaninchens, welchem Blutkörperchen vom Rinde injiziert wurden, wohl die Blutkörperchen des Rindes, nicht aber die des Pferdes auflöst und umgekehrt. Desgleichen trübt das Serum eines mit Pferdeblut behandelten Kaninchens bloss eine Flüssigkeit, welche Pferdeserum enthält, nicht aber eine solche, welcher Rinderserum hinzugefügt wurde.

Weiterhin lieferte die biologische Forschungsmethode den Nachweis, dass artgleiche, doch funktionsverschiedene Zellen und Gewebe in der biomechanischen Struktur ihres Eiweisses etwas gemeinsames haben. Denn das Serum eines mit Menschenserum gespritzten Kaninchens wirkt nicht bloss auf das Serum, sondern auch auf die Milch, auf die Blutkörperchen und Spermatozoen des Menschen.

Nach Hamburger[1]) ist jeder Organismus in all seinen Zellen und Geweben arteinheitlich aufgebaut. Bloss unter solch artgleichen, oder allernächst artverwandten Geschlechtszellen ist Befruchtung möglich. Nach Vereinigung der beiden Geschlechtszellen zu einer Mischungszelle und nach Teilung derselben trägt jede neu entstandene Zelle des ausgebildeten Organismus die Arteigentümlichkeit der Eltern an sich. Die durch die Nahrung aufgenommenen Stoffe, so auch das artfremde Eiweiss wird durch die Assimilation in artgleiches, lebendes Eiweiss überführt. Da neben Aufbau stets Abbau von Zellen und Geweben stattfindet, so ist im ausgebildeten Organismus von den ursprünglichen Zellen, von den Mischungszellen keine Spur mehr vorhanden. „Geblieben ist von ihr jedoch die artcharakteristische Eiweissstruktur — schreibt Hamburger — und so sehen wir auch an diesem Beispiel, wie die Erhaltung der Art auf einer Konstanz derselben Energie beruht, die wir als Assimilationsfähigkeit des lebenden Eiweisses bezeichnen."

Dass artfremdes Eiweiss z. B. Blut, doch insbesondere Spermatozoen bei subkutaner oder peritonealer Injektion, d. i. ohne Assimilation als Gifte wirken, und Tiere innerhalb kurzer Zeit töten können, darauf weist neuerer Zeit Wolff[2]) hin und bezeichnet dieses giftige, artfremde Eiweiss der Analogie der Bakterien-Endotoxine nach als Körperzellen-Endotoxin.

Auf all diese interessanten Vorgänge der Assimilation möchte ich, wie gesagt, nicht näher eingehen, bloss nochmals betonen, dass die Umwandlung toter in lebende Substanz, d. i. die Assimilation im engeren Sinne des Wortes, die Schaffung neuen Lebens das allgemeine charakteristische Moment des Lebens bildet.

Ob nun Leben auch ohne Vermittlung lebender Substanz, spontan entsteht, dieses so viel diskutierte Problem der Generatio spontanea wird wohl auch künftighin viel diskutiert, doch allem nach kaum gelöst werden. Trotzdem zu Gunsten einer solchen spontanen Generation keine positiven Befunde angeführt werden können, lässt sich doch die Annahme, dass sich das Leben in früheren geologischen Perioden aus lebloser Substanz entwickelt habe, nicht recht von der Hand weisen. Und ist es nicht möglich, dass eine spontane Generation des Lebens auch in der jetzigen geologischen Periode stattfindet, doch dermaſsen langsam vor sich schreitet, dass wir selbe nicht verfolgen können? Lässt sich nicht annehmen, dass die spontane Entstehung resp. Entwickelung des Lebens eine Zeit beansprucht, der gegenüber das menschliche Lebensalter einen minimalen Bruchteil darstellt? Und ist eine solche Annahme nicht

[1]) Hamburger: Assimilation und Vererbung. Wiener klin. Wochenschr. No. 1. 1905.

[2]) Wolff: Über Grundgesetze der Immunität. Zentralbl. f. Bakteriologie. Original-Bd. XXXVII, p. 390. 1904.

umsomehr berechtigt, als sich auch sonst Prozesse, z. B. die vermittelte, d. h. die ontogenetische Entstehung des Menschen in 9 Monaten vollzieht, wohingegen die spontane, phylogenetische Entwickelung des Menschen geologische Perioden beanspruchte? Könnte dieses biogenetische Grundgesetz Haeckels nicht auch auf die Generation des Lebens überhaupt übertragen und eine äusserst langsam verlaufende spontane resp. direkte, phylogenetische Generation des Lebens angenommen werden, umsomehr, als ja eine durch das Leben vermittelte, indirekte Generation — wie gesehen — wirklich besteht?

Und erscheint in Anbetracht des Umstandes, dass es ja gerade die Fermente sind, welche sonst äusserst langsam verlaufende chemische Prozesse allein durch ihre Anwesenheit beschleunigen und auch an der Umwandlung der leblosen Nährstoffe zu lebendem Plasma lebhaft beteiligt sind, nicht die Annahme naheliegend, dass die direkte Entstehung des Lebens eben mangels Fermente so äusserst langsam vor sich geht, die vermittelte Generation des Lebens hingegen geradezu infolge der Fermente so rasch erfolgt? Und könnten somit nicht geradezu die Fermente zur Erklärung und zum Verständnis dieser biogenetischen Hypothese herangezogen werden?

Indem ich mich hier mit der Stellung dieser Fragen begnüge, schliesse ich meine Erörterungen hinsichtlich der Entstehung des Lebens ab.

Haben wir nun betont, dass vereinzelte Erscheinungen bloss in speziellen Fällen resp. in qualitativer Hinsicht für das Leben bezeichnend sind, doch nichts weniger als biologische Kriterien darstellen und dass der Inhalt des Lebens bloss durch gewisse Erscheinungskomplexe, namentlich durch die Stoffwechselerscheinungen bestimmt ist, haben wir weiterhin gesehen, dass schon die Produktion von Eiweissstoffen, noch mehr aber die ständige Neubildung lebender Substanz, d. i. die Erneuerung des Lebens für das Leben charakteristisch ist, so haben wir damit zugleich im Gegensatze zu den mehr äusseren Erscheinungen, in den inneren Erscheinungen resp. Fähigkeiten und Potenzen die Kriterien des Lebens erkannt. Die Fähigkeit des Lebens Leben zu bilden, oder allgemeiner ausgedrückt, die Fähigkeit der lebenden Materie ihresgleichen zu produzieren, wäre vom Standpunkte des Biologen, d. i. innerhalb der Biologie, für das Leben charakteristisch.

Ad III) Nun stellten wir aber oben drittens die Frage auf, ob gewisse biologische Kriterien des Lebens, so der Metabolismus und namentlich die Selbsterhaltung auch vom allgemein naturwissenschaftlichen Standpunkte aus, d. i. über das Gebiet der Biologie hinaus, prinzipielle

Differenzen zwischen lebender und toter Substanz darstellen.

Die Antwort wird auch hier im negativen Sinne ausfallen, wenn man bedenkt, dass — wie oben erwähnt — ein Wachstum, eine Vermehrung und selbst eine Regeneration auch bei Kristallen vorkommt und diese Selbsttätigkeit auch insofern an das Geschehen auf anorganischem Gebiete erinnert, als die Reproduktion bei verletzten Kristallen bedeutend schneller, als das gewöhnliche Wachstum erfolgt und die ursprüngliche Gestalt der Lage nach vollständig wieder hergestellt wird.

Vom allgemein naturwissenschaftlichen Standpunkte aus ist der als Metabolismus bezeichnete Erscheinungskomplex resp. die Selbsterhaltung des Lebens für letzteres bloss ebenso charakteristisch, als beispielsweise der Erscheinungskomplex resp. die Selbsterhaltungsfähigkeit des Feuers für das Feuer.

Und trotz der Machtlosigkeit das Leben vom Tod naturwissenschaftlich, d. i. mehr im allgemeinen scharf trennen zu können, wurde und wird man doch auch heute noch vielfach dazu gedrängt, nach allgemeinen prinzipiellen Unterschieden zwischen Leben und Tod zu suchen. Und diesem Drange verdankt der so viel diskutierte Begriff der „Lebenskraft“ seine Entstehung.

Und hier sind wir nun bei dem Begriff der Vis vitalis, bei der Lehre vom Vitalismus und zugleich auch bei der oben aufgeworfenen und mit dem Vitalismus eng verknüpften vierten Frage hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Deutung des Lebens angelangt.

Ad IV) Die Vorgänge im lebenden Organismus wurden schon von jeher auf eine psychische Kraft zurückgeführt, welche den Organismus funktionieren lassen sollte, und als Seele, Anima bezeichnet wurde.[1]) Die später durch Stahl eingeführte Lebenskraft wich nicht prinzipiell von der Anima ab, unterschied sich vielmehr bloss insofern von ihr, als sie auf eine einfachere Ursache zurückgeführt wurde. Indem nun diese Lebenskraft stets als eine nach vernünftigen Gesetzen tätige Organisationskraft gedeutet wurde und auch nach Johannes Müller, dem Hauptvertreter des älteren Vitalismus, „zweckmäfsig, aber nach blinder Notwendigkeit“ handeln sollte: wurde mit dieser Vis vitalis zugleich auch der Begriff der Zweckmäfsigkeit, d. i. die teleologische Betrachtungsweise in die Biologie eingeführt.

Auf die weitere Gestaltung des älteren Vitalismus waren besonders die Anerkennung vom Prinzip der Erhaltung der Kraft und die Deszendenz-

[1]) Hinsichtlich der Einzelheiten sei verwiesen auf die Werke von Driesch, Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre (Leipzig 1905) und E. v. Hartmann, Das Problem des Lebens (Bad Sachsa 1906).

lehre von grösster Bedeutung und führten gewissermaſsen zu einer Einschränkung des Vitalismus.

Das Prinzip der Erhaltung der Energie lehrte, dass die energetischen Leistungen der organischen Materie auch quantitativ von den energetischen Leistungen der anorganischen Welt abhängen. Die synthetische Darstellung des Harnstoffes, des Zuckers und Alkohols, weiterhin die Erkenntnis dessen, dass das Auge eine, nach den Gesetzen der Optik eingerichtete Camera obscura, das Ohr einen physikalischen Apparat, der Kehlkopf eine Zungenpfeife darstellt, kurz, dass verschiedene Organe ganz nach mechanischen Gesetzen funktionieren und die Vorgänge der Resorption und Sekretion durch physikalische Gesetze der Filtration und Osmose erklärlich sind, führten zur mechanistischen Beurteilung der Organismen und schufen die mechanische Betrachtungsweise, welche schliesslich alles Geschehen des Organismus auf einfache chemisch physikalische Prozesse zurückführen wollte.

Zu einer ähnlichen Einschränkung des Vitalismus führte auch die Deszendenzlehre.

Nachdem namentlich Darwin und Haeckel darauf hingewiesen, dass durch Auslese bloss diejenigen Eigenschaften lebender Wesen erhalten bleiben, welche dieselben im Kampfe ums Dasein benötigen, resp. dass die erhalten gebliebenen Eigenschaften etwas Zweckmäſsiges, Notwendiges für den Organismus darstellen, schien die Zweckmäſsigkeit mechanistisch erklärt und der Begriff der Teleologie für eine Zeit aus der Biologie geschwunden zu sein.

Im Sinne dieses Mechanismus seien die Lebensformen und Lebenserscheinungen auf dieselben physikalischen und chemischen Gesetze zurückzuführen und aus denselben Bedingungen zu begreifen, welche man in der anorganischen Welt antrifft.

Noch weiter ging der Materialismus.

Denn während der Mechanismus die Kausalbeziehung zwischen psychischem und physischem Geschehen leugnet, stellte der Materialismus beide Vorgänge in ein Abhängigkeitsverhältnis und will selbst die psychischen Vorgänge physisch begreifen und erklären.

So ist der ältere Vitalismus über die mechanistische Weltanschauung hinweg in das Extrem des Materialismus geraten.

So wenig der Materialismus in der Biologie allgemein anerkannt wurde, so feste Wurzeln scheint neben dem Mechanismus der Neovitalismus zu fassen. Derselbe ist aus dem alten Vitalismus eben durch Vermittelung des Mechanismus hervorgegangen und beginnt eigentlich seit dem Wiedererwachen der experimentellen morphologischen Forschung, d. h. seit der Begründung der „Entwickelungsmechanik“ durch Roux, festere Wurzeln zu fassen.

Im Sinne dieses Neovitalismus sind zwar die Lebensvorgänge energetisch derselben Abhängigkeit unterworfen, wie die Vorgänge der anorganischen Welt und die in der leblosen Welt herrschende Kausalität hat auch für das Leben Geltung, der Auffassung mancher Vitalisten nach jedoch nicht alleinige Geltung. Der Organismus entwickelt sich, passt sich an, empfindet: auf einer höheren Stufe denkt, handelt er und im Organismus waltet noch eine Kausalität, welche der anorganischen Welt fehlt und dies ist die teleologische Kausalität.

Die teleologische Betrachtung, das Betonen der Zweckmäfsigkeit ist für den Neovitalismus im allgemeinen charakteristisch [1]).

Zweckmäfsige Reaktionen stellen im Sinne des Neovitalismus eine allgemeine Eigenschaft der lebenden Substanz dar und treten in der Anpassung, in der Selbstregulation in das schärfste Licht: sie stellen das wichtigste Argument, die schärfste Waffe vieler Vitalisten gegenüber den Mechanisten dar und setzen eine besondere Kraft resp. Qualität seitens des Organismus voraus.

Namentlich die Erscheinungen der Regeneration und die entwickelungsmechanistisch festgestellten Tatsachen, dass die in den Entwickelungsgang eingetretenen organischen Teile trotz verschiedenartiger Störungen (künstliches Ausschalten einer Anzahl von Zellen in den ersten Entwickelungsstadien, experimentelles Verschmelzen mehrerer Eier oder frühzeitiger Entwickelungsstadien) auf die Wiederherstellung eines Ganzen hinarbeiten und so einem brauchbaren Endziel zustreben, werden seitens der Neovitalisten zu Gunsten der Annahme einer „zwecktätig gestalteten Potenz", d. i. einer Art Entwicklungsintelligenz angeführt.

Aus dieser wunderbaren Zweckmäfsigkeit der organischen Einrichtungen sucht der Neovitalismus — gleichsam nach dem Muster des, seine Zwecke ersinnenden und realisierenden Menschengeistes — die Notwendigkeit eines, mit Absicht vorgehenden Schöpfungsprinzipes abzuleiten. Die Tatsache der Zweckmäfsigkeit führe gleichsam von selbst zur Annahme einer Lebenskraft.

Die Zweckmäfsigkeit — sagen die Neovitalisten — versuchte bisher bloss Darwin mechanistisch zu deuten, doch sei dieser Versuch als misslungen zu betrachten.

Demgegenüber finden die Mechanisten, mit Bütschli an der Spitze, in den Lebensvorgängen nichts, was zur Anerkennung eines, an

[1]) In der Einteilung nach Verworn deckt sich der sog. psychologische Vitalismus im allgemeinen mit dem Materialismus, der mechanische Vitalismus mit dem Mechanismus und der teleologische Vitalismus mit dem Neovitalismus im engeren Sinne des Wortes. Unter Neovitalismus resp. Vitalismus wird daher stets der teleologische Vitalismus zu verstehen sein.

Endursachen erinnernden Zweckmäfsigkeitsgeschehens nötige. Auch im Lokalisationsproblem — worunter Driesch das ordnungsmäfsige Anpassen der entstehenden Teile, oder die ordnungsmäfsige Lokalisation der Neubildung in richtige Lagebeziehungen zu den normalen Verhältnissen des entstehenden späteren Ganzen versteht — kennen resp. erblicken sie kein Geschehen, welches von einem Zweck, von einem zukünftig erreichbaren Ziel abhänge und im Gegensatze zur kausalen Abhängigkeit stehe. Vielmehr ist jedes Geschehen, so auch das als zweckmäfsig bezeichnete die Folge des Zusammentreffens einer eigenartigen Kombination mehrerer oder zahlreicher Bedingungen, so dass von einer einfachen Ursache zu reden den wirklichen Geschehen nie entspricht. Jedes Ziel und so auch die entsprechende Lokalisation hängt von ganz besonderen Bedingungen des entwickelungsfähigen Systems ab. Und so weicht denn auch das organische Geschehen nicht prinzipiell vom Geschehen auf anorganischem Gebiete ab.

Den Neovitalisten gegenüber bemerkt neuestens Roux[1]), dass man die Erforschung des organischen Geschehens nicht mit dem Schwierigsten desselben, mit den Regulationen beginnen möge und dass auch auf anorganischem Gebiete gestaltliche Selbstregulutionen, so die Regeneration der Kristalle anzutreffen seien. Auch weist er dararauf hin, dass die, in ganz bestimmte Gesetze gebannten organischen Regulationen keineswegs immer Zweckmäfsiges hervorbringen und beruft sich darauf, dass einerseits durch Regeneration bei niederen Tieren zuweilen überzählige Zehen, Füsse, Augenlinsen, Köpfe gebildet werden, andererseits bei uns Menschen, die wir uns für die höchst zweckmäfsigen Lebenswesen halten, das Regenerationsvermögen am geringsten ausgeprägt ist. Da das sogenannte Zweckmäfsige in den Leistungen der Lebewesen nur ihrer Dauerfähigkeit dient, so erscheint es Roux sachlicher, statt von Zweckmäfsigkeit von Dauerfähigkeit der Organismen zu reden und statt von zweckmäfsigen Leistungen von die Dauerfähigkeit herstellenden, oder erhöhenden Leistungen zu sprechen.

Namhafte Naturforssher neuerer Zeit (Bütschli, Roux, Weismann, Ziegler, Hofmeister, Verworn, Ostwald, Loeb, Kassowitz, Rhumbler) sind begeisterte Anhänger der rein mechanistischen Lebensauffassung. Andere hervorragende Biologen (Bunge, Hamann, O. Hertwig, Schneider, Wolff, Rindfleisch, Albrecht, Benedikt, Morgan, Driesch, Borodin, Pauly, E. Hartmann) erklären sich mehr oder weniger für den Neovitalismus.

Einen vermittelnden Standpunkt nimmt neuerer Zeit Reinke ein, indem er darauf hinweist, dass die Gegensätze zwischen Mechanismus

---

1) Roux, W.: Vorträge und Aufsätze über Entwickelungsmechanik der Organismen. Heft 1. Leipzig 1905.

und Vitalismus nicht so scharf sind, wie allgemein angenommen wird, vielmehr beide Auffassungen einander ergänzen und sehr wohl nebeneinander bestehen können und müssen. Denn trotzdem die Elementarprozesse der Lebensvorgänge physikalischer oder chemischer Natur sind, kann das Leben als solches doch nicht einfach mechanistisch gedeutet werden und insbesondere bei der Zweckmäfsigkeit, bei der Fortpflanzung, bei der Entwickelung und bei der bewussten Intelligenz versagt die Mechanistik resp. die Maschinentheorie. „Mechanistik und Vitalismus betrachten zwei verschiedene Seiten einer Sache“. Die ganze Wahrheit könne keine der beiden Betrachtungsweisen für sich beanspruchen. Ihre Verschmelzung zu einer harmonischen Einheit sei ein Ideal der Zukunft. „Wenn man es aber Vitalismus nennt — sagt Reinke — sofern jemand erklärt, dass er heutzutage nicht alle Lebensvorgänge mechanistisch begreifen kann, bin auch ich Vitalist. . . . . . Ich bin aber andererseits Mechanist, sofern ich es für richtig halte, die mechanistische Erklärung soweit als nur möglich und zulässig auf das Gebiet der Lebenserscheinungen vorzuschieben.“

Im Sinne dieser vermittelnden Auffassung sollte es eigentlich nicht heissen Mechanismus oder Vitalismus, sondern Mechanismus und Vitalismus.

Wie nun diese neue Lebenskraft der Neovitalisten resp. die für das Leben charakteristischen Qualitäten benannt und in welcher Weise das Neue, das Wesen dieser Qualitäten gedeutet wird, ist von untergeordneter Bedeutung gegenüber der Frage, ob und inwiefern in der Biologie eine teleologische Kausalität wirklich besteht und die Annahme eines Neovitalismus wirklich berechtigt.

Ohne auf die Deutung dieser neuen Qualitäten des Lebens selbst näher einzugehen, sei bloss erwähnt, dass das Neue des Neovitalismus, was ihn eben vom alten Vitalismus unterscheidet, als Dominante (Reinke), Autonomie der Lebensvorgänge, organisatorische Tendenz des Keimes, zweckmäfsiges Wirken potentieller Veranlagung, Conditio finalis, Substanzialität der Form, Entelechie (Driesch), primäre Richtungsorganisation, Fernkraftwirkung, Bildungstrieb (nisus formativus nach Blumenbach), Kräfte zweiter Hand, Oberkräfte, Regulationsvorrichtung, psychische Kräfte, Aktivität des Lebens (Bunge), Anpassungsgeschehen, Antwortgeschehen (Driesch), besondere Energieart, formativer Reiz, Zielstrebigkeit benannt wurden und teils mit den Konstanten und Affinitäten der Physik und Chemie, teils mit den Geschehenbedingungen und Lenkungen der Maschinen verglichen wurden.

Diese Potenz, diese psychische Kraft charakterisiert das potentielle und aktuelle Leben in all seinen Stadien und Phasen von den Bakterien hinauf bis zum Genie. Diese Potenz, diese Aktivität, welche neuestens auch vielfach als Bewusstsein im weiteren Sinne des Wortes, als

Psychismus (Bechterew) bezeichnet wird, unterscheidet das Leben vom Leblosen, und dieser Potenz verdankt der Neovitalismus die verschiedenen neueren Benennungen: psychischer Neovitalismus, Autonomie des Lebens (Driesch), Biomechanismus (Benedikt).

Auf die Meinungsverschiedenheiten innerhalb des Neovitalismus, welche sich um die Frage drehen, wie diese Potenz, sei es eine neue Energie oder eine den Affinitäten und Konstanten vergleichbare Qualität, aufzufassen und zu denken sei, möchte ich, wie erwähnt, nicht näher eingehen. Vielmehr möchte ich den Kernpunkt des Neovitalismus selbst behandeln und zu eruieren suchen, inwiefern in der lebenden Welt ein, von der anorganischen Welt verschiedenes Kausalitätsverhältnis existiert, welches die Erscheinungen des Lebens aus dem Zukünftigen erklären will, d. i. die Causae finales berücksichtigt und so als Grundlage der teleologischen Betrachtungsweise resp. der vitalistischen Deutung des Lebens dienen soll.

Um nun in diesen Fragen urteilen zu können und um unseren Anschauungen hinsichtlich der Deutung des Lebens eine gewissermafsen zuverlässige Grundlage zu schaffen, mögen kurz einige allgemeine Betrachtungen vorausgeschickt und namentlich auf das Problem der Zweckmäfsigkeit etwas ausführlicher eingegangen werden.

Das Geschehen der Natur ist für uns bloss insofern zugänglich, als es in uns Empfindungen hervorruft. Diese Empfindungen stellen einerseits die Elemente unseres Bewusstseins dar, andererseits beziehen sie sich auf die Dinge, und so muss stets die Beziehung, die Relation des Dinges zum Bewusstsein vor Augen gehalten werden und weder das Ding, noch das Bewusstsein als etwas isoliertes hingestellt werden

Ursache, Grund und Zweck, als Atribute gleichsam eines isolierten Dinges sind für uns unerforschlich.

Nicht etwa isolierte Dinge, sondern bloss die Erscheinungen, die Naturerscheinungen können wir erforschen und nicht die Gesamtursache, den Zweck, sondern bloss die Bedingungen können wir studieren, unter welchen sich ein Geschehen vollzieht.

Denn wollte man nach der Ursache oder nach dem Zweck, dem Ziel der Vorgänge und Geschehnisse der Natur forschen, so käme man ja gerade dazu nach dem Wesen der Dinge, nach dem isolierten Ding zu fahnden; und wollte man die Lebensvorgänge im allgemeinen als zweckmäfsig oder unzweckmäfsig deuten und bewerten, so hiesse dies einfach an der Natur Kritik üben wollen.

Und trotzdem es niemanden einfällt, nach der Ursache des Lebens zu suchen, forscht man doch täglich nach „Krankheitsursachen". Nicht die Ursachen der Krankheiten, sondern die Bedingungen der Er-

krankungen haben wir zu ergründen, welche Haupt- und Nebenbedingungen sein können.

Um die erste Klippe, nämlich nach dem Wesen, dem Zwecke und Ziele der Naturgeschehnisse zu forschen, ist die Wissenschaft dank der Errungenschaft der Erkenntnislehre glücklich herumgekommen.

Noch ist aber die andere Schwierigkeit nicht überwunden und eifrig bemüht man sich noch vielfach das Leben in seiner Gesamtheit teleologisch zu beurteilen, als zweckmäfsig zu deuten und so an der Natur gleichsam Kritik üben zu wollen.

Bevor ich nun auf die Frage der Deutung des Lebens eingehe und den Versuch wage, auf den wehen Punkt des Neovitalismus hinzuweisen, möge vorerst die Bedeutung des, der teleologischen Betrachtungsweisen zu Grunde gelegten Begriffes der Zweckmäfsigkeit geprüft und dessen Beziehung zum Leben besprochen werden.

Vor allem finde ich, dass dem Begriffe der Zweckmäfsigkeit in der Naturwissenschaft, namentlich aber in der Biologie, heute eine ganz verschiedene Bedeutung beigemessen wird und selber zur Bezeichnung grundverschiedener Prinzipe gebraucht wird.

So wird der Begriff der Zweckmäfsigkeit resp. die teleologische Betrachtungsweise:

1. als Transformationsprinzip der Interpretation auf dem Gebiete a) des anorganischen Geschehens und b) der organischen Evolution gebraucht,

2. als Bewertungsprinzip aufgefasst und entweder bloss zur Bewertung des psychischen Lebens oder zur Bewertung des Gesamtlebens verwendet.

Ad 1 a) Auf den teleologischen Charakter auch des anorganischen Geschehens weist schon Lotze[1]) hin, indem er fordert, dass nicht bloss das Leben, sondern auch jedes unbelebte Geschehen auf einem verborgenen Zweck hin untersucht werden müsse, und betont, dass in den Fällen, wo man die eine Erscheinung aus ihrer Ursache, die andere aus ihrem Zweck erklären will, ganz verschiedene Fragen beantwortet werden. Auch Albrecht[2]) betont, dass die Teleologie, die er in Anbetracht ihrer innigen Verknüpfung mit der anthropomorphischen Vorstellung durch die Bezeichnungen „rationelle“ oder „tektonische“ Betrachtungsweise ersetzen möchte, auf alles, zu bestimmten Bildungen führendes Geschehen in der belebten und unbelebten Natur, auf Gebirgs- und Flussbettbildung ebenso wie auf die Blastomerenwandlung

[1]) R. H. Lotze: Leben, Lebenskraft in Wagners Handwörterbuch der Physiologie. Braunschweig 1842.

[2]) E. Albrecht: Vorfragen der Biologie. Wiesbaden 1899.

anwendbar ist, insofern überall für gegebene Ausgangsformen unter bekannten Bedingungen erfahrungsgemäfs bestimmte Endformen vorauszusehen, vorauszusagen sind. Am deutlichsten aber präzisiert Wundt seine Meinung.

Nach Wundt[1]) ist der Unterschied zwischen teleologischer und kausaler Betrachtung kein sachlicher, der die Inhalte der Erfahrung n zwei disparate Gebiete scheidet, sondern beide Betrachtungsweisen sind lediglich formal verschieden, derart, dass zu jeder Zweckbeziehung eine Kausalverknüpfung als ihre Ergänzung gehört, umgekehrt aber auch jeder kausalen Verbindung nötigenfalls eine teleologische Form gegeben werden kann. Bei dieser Transformation der kausalen Betrachtung in die teleologische Form wird den Wirkungen die Bedeutung von Zwecken und den Ursachen oder Bedingungen die von Mitteln beigemessen. In diesem allgemeinsten Sinne ist daher auch auf physischem Gebiete diese Transformation ausführbar und die mechanischen Sätze, welche man mit den Namen Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kräfte oder Energie, der Erhaltung der Flächen, des kleinsten Zwanges usw. bezeichnet, sind ihrem Wesen nach teleologisch.

Kausalität und Teleologie sind nach Wundt zusammengehörige Anwendungen eines und des gleichen logischen Prinzips und beide sind in Wahrheit nicht, wie die neuere und die ältere Teleologie annimmt, prinzipiell abweichende, sondern prinzipiell übereinstimmende, aber entgegengesetzt gerichtete Formen der Interpretation.

Die kausale Betrachtung geht im allgemeinen auf eindeutige Schlussfolgerungen aus, während die teleologischen mehrdeutig zu sein pflegen.

Wenn das Zweckprinzip lediglich als ein Hilfsprinzip betrachtet und da in Anwendung gebracht werden will, wo die kausale Interpretation nicht ausreicht, so kommt hierdurch das Zweckprinzip selber zu kurz, indem ihm bloss eine auxilläre Rolle zugewiesen wird. Und wenn Cossmann meint — schreibt Wundt — die Kausalität besitze zwar Allgiltigkeit, aber keine Alleingiltigkeit, und hier stillschweigend vorausgesetzt wird, dass das Zweckprinzip keine dieser Eigenschaften besitze, so ist dies ein Irrtum. Denn in Wahrheit besitzen beide Allgemeingiltigkeit und eben darum Allgiltigkeit; aber insofern keine Alleingiltigkeit, als prinzipiell jederzeit die kausale in eine teleologische Form der Verknüpfung umgewandelt, eben darum aber auch zu jeder teleologischen eine kausale mindestens gefordert werden kann. In gewissen Gebieten der Erfahrung dominiert die teleologische, in anderen die

[1]) W. Wundt: Naturwissenschaft und Psychologie. Leipzig 1903.

kausale Interpretation, und die Richtungen, die sich hier als die Repräsentanten jener beiden Anschauungen, der kausalen und der teleologischen, gegenüberstehen, werden als Mechanismus und Vitalismus bezeichnet.

Einen ähnlichen Standpunkt vertrat schon früher Fechner[1]) indem er betonte, dass die kausale und teleologische Ansicht als sich ergänzend zu betrachten seien. Ob man nun den kausalen oder den teleologischen Gesichtspunkt mehr gelten lässt, hängt davon ab, welcher der beiden Gesichtspunkte klarer vor Augen tritt resp. inwiefern die Richtung der Betrachtung durch die Absicht bestimmt wird.

Schliesslich sei noch E. von Hartmann[2]) erwähnt, der hinsichtlich der Giltigkeit der Finalität im Gebiete der anorganischen Natur auch einen ähnlichen Standpunkt einnimmt, indem er schreibt: „Eine Finalität, die sich bloss im Gebiete des Bewusstseinsinhaltes oder der subjektiv-idealen Erscheinung hielte, ist ebenso unmöglich, wie eine Kausalität in dieser Beschränkung . . . Wenn die Finalität überhaupt irgendwo Gültigkeit haben soll, so muss sie auch im Gebiete der Natur gelten . . . Finalität und Kausalität sind auch im Reiche der Natur (in der Sphäre der objektiv-realen Erscheinung) gleichberechtigte und koordinierte Kategorien, die in der Wirklichkeit immer verbunden sind und nur durch abstrahierende Tätigkeit des bewussten Denkens von einander gesondert werden können.“

Ad 1b) In der Biologie scheint diese Auffassung von Wundt, Fechner, Hartmann wenig berücksichtigt zu werden. Vielmehr werden seitens der Vitalisten Kausalität und Teleologie vielfach einander gleichsam gegenübergestellt und die Zweckmäfsigkeit als ein gemeinschaftlicher grosser Zug der Evolution, als ein Prinzip der Entwicklung betrachtet, welches zur Vervollkommnung führt, schon im Keime eines jeden entwicklungsfähigen Wesens vorhanden ist und in bestimmten, der normalen Entwicklung oft nicht entsprechenden Richtungen wirkend und lenkend tätig ist. Namentlich die Erscheinungen der Selbsterhaltung, der Vermehrung und der Veränderung fordern zu einer Zweckbetrachtung heraus und letztere gelangt besonders in den Bezeichnungen „Anpassung“, »Selbstregulation“; „Sieg des Vollkommneren im Kampfe ums Dasein“ zum Ausdruck, welche Bezeichnungen denn auch an Stelle der oben genannten geschaffen wurden. Diese zweckmäfsige Evolution stelle überhaupt ein Kriterium des Lebens und einen charakteristischen Unterschied des Organischen gegenüber dem Anorganischen dar.

[1]) Fechner: Zend-Avesta Leipzig 1851, Bd. II. Einige Ideen zur Schöpfungs- und Entwicklungsgeschichte der Organismen. Leipzig 1873.

[2]) E. v. Hartmann: l. c. S. 421.

Schon Schelling führte den Begriff der „unbewussten Zwecktätigkeit“ auf organischem Gebiete ein und von Baer suchte diesen Begriff durch die Bezeichnung „unbewusste Zielstrebigkeit“ zu ersetzen, da ihm mit dem Begriffe des Zweckes der Begriff der Bewusstheit unabtrennbar verknüpft erschien. Auch Helmholtz[1]) erkannte die ganz wunderbare Zweckmäſsigkeit im Aufbau und in der Tätigkeit des lebenden Organismus und sein Schüler Heinrich Hertz erklärt es für eine unwahrscheinliche Hypothese, das mechanische Grundgesetz auf belebte Systeme anzuwenden.

Neuerer Zeit bedienen sich besonders Wolff, Driesch und Pauly ganz allgemein des Zweckmäſsigkeitsbegriffes in diesem Sinne eines Entwicklungsprinzipes und bloss diese ganz allgemeine Formulierung der teleologischen Betrachtuugsweise lässt uns verstehen, wie nach Wolff[2]) und Pauly[3]) selbst „Funktionen“, „Leistungen“, welche gar nicht zu einem Ziele führen, keinen Erfolg aufweisen, sondern bloss zu einem Ziel streben, im biologischen Sinne zu einer teleologischen Betrachtung nötigen und als zweckmäſsig gedeutet werden. Besonders betont sei noch, dass im Sinne dieser Neovitalisten auch Vorgänge ohne ein psychisches Element, ohne Willenshandlung als zweckmäſsig zu bezeichnen seien und so auch die sekundären oder erworbenen Reflextätigkeiten, die Instinkthandlungen, die automatischen Vorgänge und die Erscheinungen der Anpassung teleologisch gedeutet werden.

Insofern die Begriffe „zweckmäſsig“, „teleologisch“ und „vitalistisch“ als gleichbedeutend hingestellt oder verschieden gedeutet und gebraucht werden, wird zugleich auch das Zweckmäſsigkeitsproblem resp. die teleologische Betrachtungsweise mit der Lehre vom Vitalismus als gleichbedeutend aufgefasst, oder die Teleologie dem Vitalismus gewissermaſsen gegenübergestellt.

Wolff, der die Begriffe: zweckmäſsig, teleologisch und vitalistisch für synonym erklärt, spricht von primärer, d. i. erstmal auftretender Zweckmäſsigkeit, wobei das zweckmäſsige Geschehen (z. B. die Bildung einer neuen funktionsfähigen Linse beim Triton an Stelle der herausgenommenen und zwar vom vorderen Rand der Iris, also in einer der normalen Entwicklung nicht entsprechenden, aber sehr zweckentsprechenden Weise) direkt vor Augen tritt und von fixierter Zweckmäſsigkeit, welche im Sinne der Deszendenzlehre jemals auch den Charakter primärer Zweckmäſsigkeit hatte, später aber durch Vererbung überliefert und fixiert wurde und das zweckmäſsige Geschehen bloss

---

1) Helmholtz: Populäre wissenschaftliche Vorträge. Braunschweig 1865 bis 1876 Bd. II, S. 81.

2) Wolff: Mechanismus und Vitalismus. Zweite Aufl. Leipzig 1905.

3) Pauly, A.: Darwinismus und Lamarckismus. München 1905.

mehr indirekt erkennen lässt. Insofern aber die fixierte aus der primären Zweckmäſsigkeit hervorgeht, beweist sie auch vitalistisches Geschehen und so kommt Wolff dazu, die Zweckmäſsigkeit in ihrer Gesamtheit als vitalistisch aufzufassen. d. i die Begriffe zweckmäſsig resp. teleologisch und vitalistisch als gleichbedeutend hinzustellen.

Demgegenüber reiht Driesch dem Begriffe der Teleologie bloss die fixierte oder seiner Bezeichnung nach die statische Zweckmäſsigkeit unter. Da es aber fraglich ist. ob diese statische Zweckmäſsigkeit nicht auch rein maschinell verlaufen könne, deutet er bloss die primäre oder seiner Nomenklatur nach die dynamische Zweckmäſsigkeit vitalistisch und stellt somit die Teleologie und den Vitalismus einander gewissermaſsen gegenüber.

Wie ersichtlich wird daher das, was ganz allgemein Entwicklungsprinzip, Evolutions- oder Vervollkommnungstendenz genannt wird. hier als fixierte oder statische und primäre oder dynamische Zweckmäſsigkeit bezeichnet und in mehr weniger innige Beziehung. zum Vitalismus gebracht.

Am schärfsten weist neuerer Zeit Pauly auf den Zweckmäſsigkeits-Charakter beim Leben und dessen Erscheinungen. namentlich der Evolution hin und sucht zugleich die Teleologie und mithin indirekterweise wohl auch das Leben psychophysisch zu begründen Nach diesem Autor tragen die Organe. die Werkzeuge. welche lebende Organismen besitzen, weiterhin die Funktionen. Handlungen. Gedanken. welche sie ausführen, einen Charakter an sich. der am zutreffendsten mit dem Worte „Zweckmäſsigkeit" ausgedrückt wird. Der Begriff „Zweckmäſsigkeit" stellt, indem er nur an Organismen wirklich sichtbar ist. das wahre Abzeichen des Lebens dar. „Das Wesen des Lebens verstehen, fällt zusammen mit der Erklärung des Zweckmäſsigen" Die innere Veränderung. welche ein Organismus bei starker Inanspruchnahme erfährt. wird durch die Funktion. d. i. durch den Zweck beherrscht. welchen die aufgebotenen Mittel zu dienen haben. Der lebende Organismus antwortet funktionell und nicht mechanisch: denn mit einer mechanischen Regel seiner Antwort könnte er keine einzige Funktion. geschweige denn deren mehrere. heterogene erfüllen.

Wie im Leben. so waltet nach Pauly auch in der Deszendenz oder in der Evolution. als einer Erscheinung des Lebens. ein inneres Prinzip, eine innere Ursache resp eine nach aussen wirkende Zweckmäſsigkeit. Indem nun Pauly diese psychologische Ursache. diese innere oder Auto-Teleologie einerseits mit dem Kausalgesetz. andererseits mit dem Gesetz von der Erhaltung der Energie in Verbindung zu bringen sucht. wird die organische Ursache resp. die innere oder Auto-

teleologie zu einer psychophysischen, der naturwissenschaftlichen Analyse zugänglichen Teleologie.

Sämtliche äusseren, altruistischen oder Pseudo-Teleologien, welche die Ursache des Lebens, der Evolution und der Deszendenz ausserhalb des Organismus zu verlegen suchen und wohin der Darwinismus, die weit verbreitete theistische Teleologie gehören, seien nach diesem Autor, indem sie mit fiktiven, der Beobachtung und dem Experiment nicht unterwerfbaren Annahmen (Zufall, Schöpfungsakt) arbeiten, zu verwerfen.

Ad 2) Nach anderen Autoren, welche die Zweckmäfsigkeit als Bewertungsprinzip bloss beim Vernunftleben zulassen, kann von einer Berücksichtigung des Zukünftigen bloss beim geistigen Leben auf höchster Stufe die Rede sein und so muss beim Leben in seiner Gesamtheit von einer teleologischen Betrachtungsweise und Anwendung des Zweckmäfsigkeitsbegriffes entschieden abgesehen werden. Namentlich seit Mach ist dem, in der Naturwissenschaft und Philosophie so arg verpönten Begriff der Zweckmäfsigkeit auf psychischem Gebiete teilweise wieder zu seinem Rechte verholfen worden.

Insofern nämlich nach diesem Autor beim geistigen Leben ohne Denken, so beim Träumen die durch Erfahrung gesammelten Bewusstseinsinhalte in Form von Phantasiegebilden verschiedenartig zusammengewürfelt werden, kann hier von einer Zielbestrebtheit oder Zweckmäfsigkeit noch keine Rede sein. Wird aber den Bewusstseinsinhalten das Denken, die Kritik als Willenstätigkeit gegenübergestellt, d. i. ein Urteil gefällt, so wird der psychische Vorgang zugleich auf ein bestimmtes Ziel gerichtet und stellt sich damit als Zweck- oder Willenshandlung dar.

Das Eingreifen resp. Fehlen eines freikombinierenden Willens unterscheidet daher das Denken vom automatischen Gedankenablauf, trennt die psychischen Erlebnisse in die beiden Hauptklassen des Denkens, der Willkürhandlungen einerseits und der Halluzinationen, fixen Ideen, Instinkthandlungen andererseits, und stempelt so den Denk- oder Erkenntnisakt als eine Zweck- oder Willenshandlung. In diesem Sinne stellen auch sämtliche willkürliche Tätigkeiten des Organismus, so die willkürliche Kontraktion der Muskeln, Zweckhandlungen dar.

Auch nach Matzat[1]) wird der „Zweck" als eine gedachte oder gewollte Anpassung definiert und als zweckmäfsig all das bezeichnet, was dazu dient, eine gedachte oder gewollte Anpassung zu vermitteln.

Und neuestens hat unter den Philosophen besonders E. König[2]) gegen die Giltigkeit der Finalität im Gebiete der Natur Bedenken und

[1]) Matzat: Philosophie der Anpassung. 1903.
[2]) Edmund König: Philosophische Studien, Bd. XIX, S. 451—452.

Einwände erhoben und die Finalität als psychologische Kategorie hingestellt.

Bei diesen und teilweise auch bei den sub 1b genannten Autoren (Wolff, Driesch, Pauly) tritt der subjektive Charakter des Begriffes »Zweckmäfsigkeit« klar vor Augen, und dies betont ja auch Wundt, indem er die Ziele, Zwecke als subjektive Grössen in das Gebiet der Psychologie verlegt.

Und diese Subjektivität des Zweckbegriffes erklärt es auch ganz und gar, wesshalb heute »zweckmäfsig« vielfach als gleichbedeutend mit »nützlich« gebraucht wird.

In dieser Abhängigkeit vom Willen und Wollen, kurz in diesem subjektiven Charakter äussert sich der Begriff der Zweckmäfsigkeit so recht als ein Prinzip der Beurteilung und Bewertung.

Und trotzdem wird die Zweckmäfsigkeit im Sinne eines Bewertungsprinzips in der Biologie vielfach auf das Gesamtleben übertragen und auch Lebenserscheinungen, denen nachweislich ein psychisches Element fehlt, so die Reflexe, Instinkte, die Anpassung, kurz die Funktionen und Leistungen der Organismen als zweckmäfsig bewertet.

Wie aus diesen kurzen Betrachtungen ersichtlich, hat der Begriff der Zweckmäfsigkeit im Laufe der Zeit eine ganz erhebliche Verschiebung erlitten.

Einmal wird er formal logisch als Transformationsprinzip zur Interpretation des anorganischen und organischen Geschehens in Anwendung gebracht, das anderemal in ganz subjektiver Art als Bewertungsmaxime hingestellt und zur Bewertung des psychischen Lebens oder des Gesamtlebens gebraucht.

Inwiefern ist es nun berechtigt, die Zielstrebigkeit resp. Finalität einerseits und die Zweckmäfsigkeit resp. Zwecktätigkeit andererseits — denn so können wir fortan die beiden teleologischen Prinzipe kurz nennen — in der Naturwissenschaft und speziell in der Biologie ganz im allgemeinen in Anwendung zu bringen?

Betont sei, dass hier vorerst von der Berechtigung einer ganz allgemeinen Anwendung der teleologischen Prinzipe in der Naturwissenschaft die Rede sein wird und auf die Berechtigung der teleologischen Betrachtungsweise bei der Deutung der Naturerscheinungen und speziell des Lebens weiter unten eingegangen werden soll.

Um auf diese Frage antworten zu können, müssen wir vor allem kurz rekapitulieren, worin eigentlich die Aufgabe der Naturwissenschaft und so auch die der Biologie besteht?

Aufgabe der Naturwissenschaft und so auch der Biologie ist es, Tatsachen zu erforschen, selbe logisch zu verknüpfen, die Bedingungen zu ermitteln, unter welchen sich die Erscheinungen ändern und die Tatsachen resp. Erscheinungen zu erklären, zu deuten.

Was nun die erste Frage anbelangt, inwiefern es berechtigt erscheint, die Finalität als Transformationsprinzip der Interpretation in der Naturwissenschaft auf anorganischem und organischem Gebiete in Anwendung zu bringen, so liesse sich dagegen kaum ein berechtigter Einwand finden. Die Zweckmäſsigkeit in diesem rein logisch-formalen Sinne leugnen, hiesse zugleich die Berechtigung eines wesentlichen Standpunktes bei der Beurteilung des anorganischen Geschehens und der Evolution überhaupt in Abrede stellen wollen. Und bloss in diesem logisch-formalen Sinne, bloss von einem der gewohnten Auffassung abweichenden Standpunkte aus kann es gemeint sein, wenn namentlich in der Biologie so oft von der Zweckmäſsigkeit „als einer erwiesenen Tatsache" gesprochen wird.

Also halte man stets vor Augen, dass in der Naturwissenschaft namentlich in der Biologie die Finalität stets bloss die Änderung eines Standpunktes bedeutet resp. im Sinne der Transformation der Interpretation Berechtigung finden kann, was ja auch schon daraus deutlich hervorgeht, dass unter dem Einfluss der Teleologie die alten Bezeichnungen: Selbsterhaltung, Vermehrung, Fortpflanzung und Veränderung (Variation) durch die Bezeichnungen: Selbstregulation, Anpassung ersetzt wurden. In diesem Sinne scheint auch Erhardt[1]) die Teleologie aufzufassen, indem seiner Meinung nach bei der teleologischen Betrachtungsweise nicht der Zweck, sondern bloss das Im-Augenhalten des Zweckes wirke und so die Causae finales zu verwerfen seien und die Teleologie der allgemeinen Kausalität untergeordnet werden müsse.

Desgleichen lässt auch E. v. Hartmann[2]) die Finalität resp. die Zielstrebigkeit in der Naturwissenschaft bloss insofern gelten, als sie für den Naturforscher ein heuristisches Mittel darstellt.

Und in diesem heuristischen Sinne möchten auch wir der Finalität in der Naturwissenschaft und speziell in der Biologie eine und zwar äusserst wichtige Rolle zukommen lassen. Sie allein ermöglicht es, eine Prämisse, eine Annahme, Voraussetzung, kurz eine Hypothese zu

---

1) Erhardt; Mechanismus und Teleologie. 1899.

2) E. v. Hartmann: l. c., S. 422.

stellen, *welche bekanntlich das belebende Element der Naturwissenschaft und so auch der Biologie darstellt.*

Hinsichtlich der zweiten Frage, inwiefern es zulässig erscheint, *die Zweckmäfsigkeit als Bewertungsprinzip* in die Naturwissenschaft und speziell in die Biologie heranzuziehen, vertrete ich ganz entschieden den Standpunkt, *dass bloss willkürliche Handlungen, seien es nun eigene oder diejenigen anderer, mit Bewusstsein, Erfahrung und Kritik ausgestatteter Lebewesen als zweckmäfsig, nützlich bewertet werden dürfen,* kurz dass im Sinne von *Mach* von einer teleologischen Bewertung *bloss beim Vernunfts- oder denkenden Leben* die Rede sein kann.

Da es nun aber naturwissenschaftlich ganz unmöglich ist den Beginn des Vernunftlebens phylogenetisch sicherzustellen, so wird es auch ein vergebliches Bemühen sein, den Beginn eines willkürlichen, zweckmäfsigen Handelns phylogenetisch bestimmen und so beim Leben auf niedersten Stufen Anhaltspunkte für eine teleologische Bewertung finden zu wollen.

Vermuten und annehmen kann man zwar, dass das Leben auf dieser und jener Stufe schon kritisch denkt und dementsprechend zweckmäfsig, willkürlich handelt, doch dies sind eben immer bloss Vermutungen und Annahmen und diese führen an und für sich aus dem Reiche der Erfahrung und der Naturwissenschaft in das Reich der Spekulationen und des Glaubens.

Und wenn trotzdem die Zweckmäfsigkeit im Sinne eines Bewertungsprinzips in der Biologie vielfach auf das *Gesamtleben* bezogen wird und auch Lebenserscheinungen, denen nachweislich ein psychisches Element fehlt, als zweckmäfsig bewertet werden, so muss ein derartiges Vorgehen zum mindesten als wissenschaftlich ungerechtfertigt und als ganz willkürlich bezeichnet werden.

Da nun die Wissenschaft überhaupt und so auch die Naturwissenschaft resp. die Biologie das Produkt des kritischen, vernünftigen, denkenden Lebens ist, so wird sich die Bewertung naturgemäfs in irgend einer Art auch auf die Wissenschaft resp. Biologie erstrecken und auch im Gebiete derselben Platz finden müssen. Die Bewertung, die Kritik allein ermöglicht das logische Aneinanderreihen der Erfahrungstatsachen und drückt der Wissenschaft eben ihren „wissenschaftlichen" Stempel auf.

Haben wir nun kurz darauf hinzuweisen versucht, welch wichtige Rolle die Finalität im Sinne eines Transformationsprinzipes der Interpretation resp. als heuristisches Mittel in der Naturwissenschaft und so auch in der Biologie spielt, haben wir weiterhin betont, dass die Zweckmäfsigkeit als Bewertungsmaxime bloss

beim Vernunfts- oder Willensleben und auf all den, durch selbes beherrschten Gebieten Berechtigung finden muss, so fragt es sich nun fernerhin — und hier kommen wir auf die sub IV aufgeworfene Frage zu sprechen — inwiefern die Teleologie in ihren beiden Formen bei der Deutung Erklärung des Lebens herangezogen werden darf?

Naturwissenschaftlich erklären und deuten heisst regelmäfsige Verbindungen zwischen den gegebenen Tatsachen der Erfahrung auffinden und selbe logisch verknüpfen, oder was ja im Grunde genommen dasselbe bedeutet, ein Geschehen gewissen allgemeingiltigen Gesetzmäfsigkeiten unterordnen, selbes allgemeiner ausdrücken.

Naturwissenschaftlich sind, wie erwähnt, die Ursachen und Ziele, Zwecke nicht zu ergründen; vielmehr wird die Naturwissenschaft bloss die Erscheinungen zu erforschen haben und die Bedingungen feststellen können, unter denen sich die Erscheinungen ändern.

Eben deshalb aber muss auch von einer Definition der Deutung, des Erklärens im Sinne eines Zurückführens auf Ursachen oder Berücksichtigen von Zielen, Zwecken ein für allemal abgesehen werden. Und wie es niemanden einfallen wird, das Leben etwa durch Zurückführen auf seine Ursachen deuten zu wollen, ebensowenig wird man auch ernstlich daran denken können, das Voraugenhalten der Ziele und Zwecke, d. i. die Zielstrebigkeit oder die Finalität bei der Deutung der Erscheinungen und speziell auch des Lebens heranzuziehen.

Was endlich die Frage anbelangt, inwiefern die Zweckmäfsigkeit als Bewertungsprinzip bei der Deutung, Erklärung des Lebens in Betracht kommen kann, so möchte ich schon von vornherein die Wichtigkeit grade dieser Frage für die Biologie und speziell für die Lehre vom „Vitalismus“ hervorheben.

Vor allem müssen wir uns darüber klar werden, dass das Deuten, Erklären einerseits und das Bewerten, Beurteilen andererseits zwei grundverschiedene Richtungen menschlichen Denkens darstellen.

Das Deuten, Erklären stellt, wie erwähnt, eine der Aufgaben der Naturwissenschaft dar; die Bewertung spielt zwar in einer allgemeineren, logischen Form eine wichtige Rolle in der Naturwissenschaft, gehört aber im Sinne einer Disziplin in ein ausserhalb der Naturwissenschaft gelegenes Gebiet.

Schon Kant wies in seiner Kritik der Urteilskraft ausdrücklich darauf hin, dass die Teleologie als Bewertungsmaxime eigentlich nicht in die Naturwissenschaft gehöre, dass vielmehr die Teleologie Natur und Moral bloss versöhnen soll. Seiner Auffassung nach stellen die Welt der Natur und die Welt der Freiheit zwei ganz verschiedene Welten

dar, welche an und für sich ohne Einfluss auf einander sind. Im menschlichen ethischen Handeln soll aber die Welt der Freiheit Einfluss auf die andere Welt gewinnen. Um dies zu ermöglichen, muss die Natur so gedacht werden, dass dies möglich ist, d. h. es muss ein gemeinsamer Grund für beide Welten gesucht werden. Und dieser Grund, dieses Prinzip, nach welchem die Natur dergestalt unter dem Gesichtspunkte einer Einheit zu betrachten sei, als ob ein Verstand sie für unser Erkenntnisvermögen passend gemacht hätte, dieses Prinzip ist die Zweckmäfsigkeit der Natur resp. die teleologische Betrachtungsweise.

Wie Driesch sehr richtig hervorhebt, ist das Ziel der „Kritik der Urteilskraft“ demnach ein ethisches und nicht ein naturphilosophisches.

Auch Cossmann bezeichnet in seinem Werke „Elemente der empirischen Teleologie“ (1899) die Teleologie als Beurteilungsmaxime und weist ihr somit eine Rolle in der Philosophie zu.

Und neuerer Zeit weist wieder besonders Riehl[1]) darauf hin, dass die teleologische Betrachtungsweise aus der Naturwissenschaft zu eleminieren und in ein ausserhalb der Naturwissenschaft gelegenes Gebiet zu verlegen sei.

„Kein Wertbegriff, keine Zweckvorstellung — sagt Riehl — darf in das Werk der wissenschaftlichen Forschung eingemengt werden, deren Maxime vielmehr die Gleichartigkeit der Erscheinung ist. Die Teleologie gehört nicht zur Erkenntnis der Natur, sondern zu ihrer Beurteilung“.

Ebensowenig, wie die Beurteilung von „gut“ und „böse“, von „schön“ und „hässlich“, kann auch die Bewertung als „zweckmäfsig“ oder „unzweckmäfsig“, „nützlich“, „schädlich“ in der Wissenschaft, namentlich in der Naturwissenschaft Platz finden.

Umso auffälliger muss es nun erscheinen, dass die Zweckmäfsigkeit im Sinne eines Bewertungsprinzipes in der Biologie, als einem Zweige der Naturwissenschaft auch heute noch, ja gerade heute erst recht eine so grosse Rolle spielt und vielfach selbst zur Deutung, zur Erklärung der Lebenserscheinungen herangezogen wird.

Dass die Zweckmäfsigkeit, als Bewertungsprinzip in der Biologie bei der Deutung des Lebens nicht herangezogen werden darf, dass es handgreiflicher ausgedrückt nicht Aufgabe der Biologie sein kann, diese und jene Erscheinungen des Lebens (Funktionen, Leistungen) als „zweckmäfsig“, „nützlich“ resp. „unzweckmäfsig“, „schädlich“ zu „deuten“, dies haben ja die meisten Biologen und namentlich die Vertreter der mechanistischen Richtung seit jeher behauptet und dieser Auffassung begegnet man auch heute auf Tritt und Schritt. Warum aber die Teleologie auch in dieser Form bei der Deutung des Lebens nicht in

[1]) Riehl: Philosophie der Gegenwart. Leipzig 1903. S. 173.

Betracht kommen resp. in Betracht gezogen werden darf. auf diese Frage scheint mir bisher wenig eingegangen worden zu sein, wenigstens fand ich bei meinen daraufhin gerichteten Studien bisher weder bei den Philosophen, noch bei den Biologen entsprechende Angaben.

Versuchen wir nun selbst das, was Kant, Cossmann, Riehl hinsichtlich des Verhältnisses der Teleologie zur Naturwissenschaft überhaupt aussagten, speziell auf die Biologie zu beziehen, und fragen wir uns, inwiefern die Zweckmäfsigkeit im Sinne eines Bewertungsprinzips in der Biologie bei der Deutung des Lebens in Betracht kommen kann: so werden wir die Bewertung und mithin die Teleologie auch in dieser ethischen Form bei der Deutung des Lebens ausschliessen müssen.

Hierdurch sind wir nun aber anlässlich unserer kritischen Betrachtungen dahin gelangt, die Teleologie sowohl als Finalität, d. i. im Sinne eines logisch-formalen Prinzips, als auch als Zweckmäfsigkeit, d. i. in Form eines ethischen Prinzips aus der Biologie bei der Deutung, Erklärung des Lebens zu eliminieren.

Dies müssen wir tun, da logisch-formale und ethische Prinzipien wohl als heuristische, logisch-kritische Mittel in der Biologie herangezogen werden müssen, nicht aber bei der Deutung, Erklärung des Lebens in Betracht kommen können.

Wie wird sich — fragt es sich nun — nach dieser Elimination der Teleologie die Deutung, Erklärung des Lebens gestalten?

Bevor wir nun diese Frage selbst zu beantworten suchen, möchten wir kurz rekapitulierend betonen, dass die Deutung und Erklärung, kurz das Zurückführen der Lebenserscheinungen auf allgemeine Gesetzmäfsigkeiten gerade heutzutage nicht einheitlich geschieht.

Im Sinne der „Mechanisten" seien die Lebenserscheinungen chemisch-physikalisch, oder wie man zu sagen pflegt, mechanistisch zu deuten, insofern selbe auf chemisch-physikalische Gesetzmäfsigkeiten zurückzuführen seien.

Im Sinne der „Vitalisten" sei das Leben vitalistisch zu erklären.

Darin stimmen wohl auch die Mechanisten überein, dass gewisse Erscheinungen des Lebens, so die psychischen Lebenserscheinungen nicht einfach mechanistisch gedeutet werden können und in diesem Punkte weicht eben die mechanistische von der überwundenen materialistischen Lebensauffassung ab.

Und andererseits vertreten wohl auch die Vitalisten die Ansicht, dass ein Teil der Lebenserscheinungen mechanistisch erklärbar ist und dass in dem Mafse, als künftighin gewisse vitalistische Gesetzmäfsigkeiten verallgemeinert und eventuell auf chemisch-physikalische

Gesetze reduziert werden sollten, auch die vitalistische Deutung mehr und mehr der mechanistischen weichen wird.

Demnach handelt es sich nun aber auch nicht darum, ob man sich als Verfechter einer rein mechanistischen oder einer rein vitalistischen Deutung des Lebens erklärt, sondern bloss darum, ob man das Leben überhaupt in seinen verschiedenen Entwickelungsstadien, kurz in seiner Gesamtheit — insofern es überhaupt deutbar ist — rein mechanistisch deutet, oder neben der mechanistischen auch eine „vitalistische" Deutung zulässt und sich als Anhänger einer kombinierten Lebensdeutung erklärt.

Wenn ich nun entschieden die Meinung vertrete, dass das Leben in seiner Gesamtheit bloss mechanistisch und „vitalistisch" resp. biologisch deutbar ist, wenn ich somit einer kombinierten Erklärung das Wort rede, so tue ich dies der vollen Überzeugung nach, dass gewisse Erscheinungen des Lebens überhaupt nicht rein mechanistisch deutbar sind und für selbe eine chemisch-physikalische Erklärung auch nie gegeben werden wird.

Stets halte man vor Augen, dass man ja bei der Deutung, Erklärung einer Erscheinung das zu Erklärende stets auf etwas bereits gut Bekanntes zurückführt, die Erscheinung einer festgestellten Gesetzmäfsigkeit unterordnet, kurz bei der Deutung stets ein Vergleichsobjekt benötigt, einen Vergleich anstellt, einen Analogieschluss zieht. Durch Vergleichung, welche das mächtigste innere Lebenselement der Wissenschaft darstellt, wächst eine jede Wissenschaft, bemerkt Mach in einem seiner Vorträge (Über das Prinzip der Vergleichung in der Physik). Viele der Lebenserscheinungen finden nun ihre Analogie in gewissen physikalischen oder chemischen Erscheinungen, lassen sich demnach mechanistisch erklären. Für andere Erscheinungen des Lebens aber finden wir bloss in der Biologie d. i. in bereits gesetzmäfsig festgestellten biologischen Erscheinungen Analogien, und eben diese Erscheinungen lassen bloss eine vitalistische resp. biologische Deutung zu.

Ohne auf die Frage der Deutung überhaupt hier näher einzugehen, möchte ich bloss noch kurz darauf hinweisen, dass schon Schopenhauer in seiner „Kritik der Kantschen Philosophie" hinsichtlich des anorganischen Geschehens ausdrücklich darauf hinweist, dass „die Erklärungsgründe aus einem Gebiet der Natur nicht in das andere hinübergezogen werden können, sondern uns, sobald wir ein neues Gebiet betreten, verlassen, und statt ihrer neue Grundgesetze auftreten, deren Erklärung aus denen des vorigen gar nicht zu erhoffen ist". Die richtige und grosse Bedeutung dieses Gedankenganges Schopenhauers sowohl für die allgemeine Wissenschaftsmethodik, wie für die Biologie hebt neuestens besonders Driesch hervor und

betont, dass hierdurch die Biologie einesteils wohl als Sonderwissenschaft mit eigenen unzurückführbaren Gesetzen als vitalistisch aufgefasst werden müsse, gleichzeitig aber im Sinne von Comte doch nur das letzte Glied einer Reihe darstelle und durchaus nicht etwas zu allem anderen Natürlichen Gegensätzliches darstellt.

Naturwissenschaftlich wird daher die Deutung, Erklärung des Lebens eine kombinierte, mechanistische und biologische sein.

Eine der hier entworfenen ähnliche Deutung des Lebens hat O. Hertwig[1]) gegeben. Auch dieser Biologe betont, dass sowohl der mechanistische wie der vitalistische Standpunkt an und für sich einseitig ist und beide in ihrer Einseitigkeit gleich unberechtigt sind. Durch Kombination unorganischer Kräfte ist keine gestaltende Kraft und keine organische Gestalt hervorzubringen. Die Gewebe und Organe (Knochen, Auge, Ohr, Kehlkopf) sind nach mechanischen Gesetzen gebaut, aber ihre Entwickelung kann mechanistisch nicht begriffen werden.

Überall trifft man auf einen Faktor, der sich einer mechanistischen Erkenntnis absolut entzieht und dieser wichtigste Faktor ist die Tätigkeit des Zellenorganismus. Das Ganze bestimmt die Teile und nicht umgekehrt, sagt Rauber, und die Pflanze bildet die Zellen und nicht die Zellen die Pflanze gibt de Bary an. Durch Gesetze, welche sich aus dem Zusammenwirken sämtlicher Zellen des Organismus ergeben, werden die einzelnen Zellen determiniert und nicht etwa eine Autodetermination findet statt; und so beruhen die Lebenserscheinungen auf einer ganz neuen Welt von Organisation des Stoffes, welche in der anorganischen Welt gar nicht vorkommen kann, und an welche die chemische Wissenschaft nicht heranreicht. Nicht die chemisch-physikalische, sondern die anatomisch-biologische — und ich möchte hinzufügen die patho-biologische Richtung hat unseren Blick in das Leben vertieft.

Wenn Albrecht angibt, dass man bei der Beurteilung des physikalisch-chemischen Anteils des Organismus den Blick bloss auf einzelne Geschehen einstellt, hingegen bei Beurteilung des Physiologischen die Gesamtheit der Organisation vor Augen hält, und es demnach bloss auf einen Unterschied der subjektiven Betrachtung ankommt, ob man Lebloses oder Lebendiges im Organismus vor sich zu haben scheint, so wird hierin gleichfalls bloss die zweifache Forschung

[1]) O. Hertwig: Mechanik und Biologie. Zeit- und Streitfragen der Biologie. Heft 2, Jena 1897. — Die Entwickelung der Biologie im 19. Jahrhundert. Jena 1901. — Allgemeine Biologie, Jena 1905.

resp. die kombinierte Erkenntnis- und Deutungsmöglichkeit des Lebens ausgedrückt.

Und in einem ähnlichen Sinne mag auch Virchow[1]) die Lebenskraft aufgefasst haben, indem er seinen Vitalismus in seinen Richtungen auf Physiologie und Pathologie auch geradezu als Cellulismus bezeichnet und hervorhebt, dass „der Vitalismus, zu dem die pathologische Anatomie, zu dem das Experiment, zu dem die Beobachtung führt, sehr verschieden von demjenigen ist, den die Schule von Montpellier seit einer Reihe von Dezennien lehrt, und der wesentlich der Spekulation, der Ontologie und der Teleologie zugetan ist . . . Auch von der Lebenskraft in dem mechanischen Sinne, in dem ich sie auffasse, bezweifle ich nicht, dass sie schliesslich als der Ausdruck einer bestimmten Zusammenwirkung physikalischer und chemischer Kräfte gedacht werden muss. Aber in der Analyse der Lebenserscheinungen werden wir immer genötigt sein, neben der Wirkung der dem Stoffe immanenten Molekularkräfte die Nachwirkung einer von einer früheren Stoffwechselkombination übertragenen, immerhin mechanischen Kraft zuzulassen". Die mitgeteilte, abgeleitete, von der Molekularkraft unterschiedliche Kraft, welche den Zellen inhäriert und eine aus dem Wesen der Zellen resultierende Kraft darstellt, nennt er Lebenskraft. Sie stellt das Prinzip des Lebens dar und ihr ist bei der Betrachtung der biologischen Vorgänge die wesentliche Bedeutung beizulegen.

Auf die Frage, inwiefern es nun angeht, an Stelle von „biologischer" Deutung „vitalistische" Deutung zu setzen, kurz inwiefern es berechtigt erscheint, die so weit verbreitete Bezeichnung „vitalistische Deutung" beizubehalten, möchte ich kurz dahin beantworten, dass hier alles davon abhängt, was man unter „vitalistisch" versteht.

Schaltet man nämlich aus dem Begriffe „Vitalismus" die Zweckmäfsigkeit, namentlich als Bewertungsprinzip, im Sinne von „nützlich" ganz aus, so wird man mit vollem Recht von einer vitalistischen Deutung sprechen können, und die Begriffe biologisch und vitalistisch als synonym gebrauchen können.

Identifiziert man hingegen, wie dies seitens mancher Vitalisten geschieht, die Begriffe vitalistisch und teleologisch, betrachtet man diese beiden Begriffe als gleichsam synonyme Begriffe und erblickt man so in einem vitalistischen Geschehen zugleich stets auch ein zweckmäfsig-nützliches Vorgehen, so wird man bloss von einer biologischen Deutung sprechen können und den Begriff vitalistisch bloss im Sinne einer Bewertung anwenden dürfen.

---

[1]) Virchow: Alter und neuer Vitalismus. Virchows Arch. Bd. IX, 1856. S. 7 und 23.

Und gerade der Umstand, dass man bei der Betrachtung des Lebens die so grundverschiedenen Standpunkte der Deutung resp. Erklärung und der Beurteilung resp. Bewertung nicht strenge auseinanderhielt, vielmehr den Begriff der Teleologie vielfach mit dem Vitalismus identifizierte, in die Naturwissenschaft einführte und in der Biologie zur Deutung des Lebens heranzog, scheint mir die unermesslichen Verwirrungen bei der Deutung und Erklärung des Lebens verursacht zu haben.

Wie fest der Begriff der Zweckmäfsigkeit im Sinne der Bewertung mit dem Begriffe des Neovitalismus im Laufe der Zeit verschmolz, geht schon daraus hervor, dass manche Autoren bloss dann von vitalistischem Geschehen zu sprechen scheinen, wenn dasselbe zugleich zweckmäfsig-nützlich ist und sogar mit der Unzweckmäfsigkeit gegen vitalistisches Geschehen argumentieren. Führt doch, wie erwähnt, erst neuestens wieder Roux den Vitalisten gegenüber an, dass die Selbstregulation keineswegs immer Zweckmäfsiges hervorbringe und dass die geringe Regenerationstendenz beim Menschen für letzteren nichts weniger als etwas Zweckmäfsiges resp. Nützliches darstelle.

Hält man nun aber die beiden Standpunkte der Deutung und Bewertung streng auseinander und berücksichtigt man weiter, dass ja gerade das Vernunftleben, d. i. derjenige Erscheinungskomplex des Lebens bewertet werden kann, welcher nicht zu deuten, zu erklären ist: so erscheint die bisher so unklare Betrachtungsweise des Lebens plötzlich im hellsten Licht und lässt uns auch verstehen, weshalb der mehr weniger mit der Teleologie identifizierte Begriff des Neovitalismus auch bisher vielfach ganz unbewussterweise verstossen wurde und in der Biologie nicht recht feste Wurzeln zu fassen vermochte.

Wollte man nun in Anbetracht der hier niedergelegten Betrachtungen hinsichtlich der Begrenzung und der Verwendbarkeit des Begriffes Vitalismus, Neovitalismus, doch wohlgemerkt, insofern er sich auf die Deutung des Lebens bezieht, Stellung nehmen, so wäre zweierlei möglich. Entweder könnte in der Biologie bei der Deutung des Lebens an dem Begriffe des Vitalismus auch fernerhin festgehalten werden, selber müsste aber von dem teleologischen Komponenten, der ja nicht zur Deutung gehört, ganz und endgiltig befreit werden, oder der Begriff des Vitalismus könnte bei der Deutung des Lebens ein für allemal aus der Naturwissenschaft, namentlich aus der Biologie entfernt und in ein ausserhalb der Biologie gelegenes Gebiet verlegt werden.

Am einfachsten wäre es, den Begriff des Vitalismus resp. Neovitalismus aus der Biologie bei der Deutung des Lebens ganz zu streichen, weil sowohl dem Neovitalismus als auch dem Vitalismus

resp. Animismus der älteren Autoren seit jeher ein teleologischer, vielfach ganz mystischer Beigeschmack anhaftet und im Laufe der Zeit derart mit demselben verschmolzen ist, dass mir wenig Aussicht vorhanden zu sein scheint, dass aus dem alten und neuen Vitalismus noch ein neuester Vitalismus gleichsam in Form eines „disteleologischen Vitalismus“ hervorgehen und unbefleckt sich in der Biologie allgemeinere Anerkennung verschaffen könnte.

Und so möchte ich nun meinerseits bei der naturwissenschaftlichen Deutung des Lebens an Stelle der ganz undeutlichen „vitalistischen“ die „biologische“ Deutung setzen und so, wie bereits oben angedeutet wurde, neben der chemisch-physikalischen resp. mechanistischen von einer biologischen Deutung oder kurz von einer biomechanistischen Erklärung des Lebens sprechen.

Prinzipiellen Wert und praktische Vorteile aber scheint mir der hier vorgeschlagene Austausch der Begriffe resp. Bezeichnungen hinsichtlich der Deutung des Lebens insofern zu besitzen, als der Begriff „biolgisch“ zu keinen Missverständnissen Veranlassung gibt und dem Begriffe Vitalismus, Neovitalismus gegenüber mit der für die Biologie so ominösen teleologischen Betrachtungs- resp. Bewertungsweise absolut nichts gemein hat.

Naturwissenschaftlich erscheint daher bloss eine chemisch-physikalische und biologische, kurz eine biomechanische Deutung zulässig.

Mechanistisch werden wir diejenigen Erscheinungen des Lebens deuten, welche das Leben mit dem Tode gemein haben und welche eben physikalisch-chemischen Gesetzmäfsigkeiten untergeordnet werden können; biologisch hingegen werden wir jene Lebenserscheinungen zu deuten haben, welche gewisse spezifische Erscheinnngen des Lebens darstellen und bloss auf biologische Gesetzmäfsigkeiten zurückzuführen sind.

Den Vitalismus aber werden wir sowohl in seiner älteren Form als Animismus, als auch in seinem neuen Gewande als Neovitalismus bei der Deutung des Lebens meiden und aus der Biologie eliminieren. Denn einmal ist mit dem älteren Vitalismus ein ganz mystischer Begriff —, mit dem Neovitalismus die teleologische Betrachtungsweise verknüpft; mystische Begriffe und formal logische resp. Bewertungsprinzipe aber, welche den Inbegriff der teleologischen Betrachtungsweise ausmachen, können nicht zur wissenschaftlichen Deutung herangezogen und zum Gegenstand der Biologie gemacht werden. Weiterhin benötigen wir aber auch den Begriff Vitalismus in der Biologie gar nicht, da all das, was mechanistisch, d. h. physikalisch-chemisch nicht gedeutet werden kann — insofern es überhaupt erforschlich und zu deuten ist —, bio-

logisch gedeutet, resp. biologischen Gesetzmäfsigkeiten untergeordnet werden kann und diese biologische Deutung die Aufgabe der Biologie klar und deutlich ausdrückt und zu keinen Missverständnissen Veranlassung gibt.

Doch wieviel auch immer vom Leben erforscht und biomechanisch gedeutet wird, stets bleibt noch die innerste Erscheinungsseite des Lebens in ihrem ganzen Umfang mit all ihren inneren Richtungen übrig. Und diese innere Seite, die sich im Bewusstsein, in der Generations-, Entwickelungspotenz, im Anpassungsvermögen äussert, ist naturwissenschaftlich nicht zu erforschen, geschweige denn chemisch-physikalisch oder biomechanistisch zu deuten. Für das Bewusstsein, für das Anpassungs-, resp. Generationsvermögen haben wir keine Analogie, kein Vergleichsobjekt, auf welche diese Erscheinungen zurückzuführen wären, d. i. mit welchen sie erklärt, gedeutet werden könnten. Und diese Entwickelungspotenz ist es — wie oben erwähnt wurde —, in welchem der Neovitalismus ein Streben nach einem Ziele, nach einem Zweck erblickt und selbe als primäre und fixierte oder dynamische und statische Zweckmäfsigkeit bezeichnet.

Und in dieser Entwickelungstendenz spiegelt sich so recht die Aktivität des Lebens oder der Psychismus im Sinne Bechterews wieder. „In der Aktivität steckt das Rätsel des Lebens" bemerkt Bunge sehr richtig.

An Stelle des Begriffes Zweckmäfsigkeit als Entwickelungsprinzip schlägt man mehrererseits andere Bezeichnungen vor. So will Roux die Zweckmäfsigkeit in diesem Sinne durch „Dauerfähigkeit", Kassowitz durch „Selbsterhaltungsfähigkeit" ersetzen. Dass dies nichts weiter als eine andere, der Transformation der Interpretation entsprechende Bezeichnung ist, geht aus dem oben gesagten deutlich hervor.

Doch wie immer auch diese innerste Richtung des Lebens bezeichnet wird, ob wir sie einfach Dauerfähigkeit, Entwickelungsprinzip, Entwickelungspotenz oder Bewusstsein im allgemeinen Sinne nennen, nie wird Entwickelung durch Entwickelung, Entstehen durch Entstehen, nie Bewusstsein durch Bewusstsein erklärt, gedeutet werden können. Leben bleibt für Leben, Gleiches für Gleiches unerforschlich. Das Leben an und für sich bleibt wissenschaftlich stets ein mit sieben Siegeln verschlossenes Lebenswunder [1]).

1) Hinsichtlich der Beziehungen der Energie zu den psychischen Vorgängen sei auf die interessante Studie Bechterews: Die Energie des lebenden Organismus, 1902, Bergmann, Wiesbaden, verwiesen.

Auf die Unmöglichkeit, das Leben in seiner Gesamtheit zu deuten, weisen ja auch die Mechanisten hin und wollen das Leben bloss insofern physiko-chemisch deuten, als es sich nicht um den innersten psychischen Anteil desselben handelt. Und nicht bloss das psychische Leben höchster Stufe, sondern auch dessen niedere Erscheinungen werden seitens der Mechanisten mehr oder weniger bei der Deutung ausser acht gelassen, was ja schon daraus hervorgeht, dass sie seit Lotze die Zweckmäfsigkeit im Sinne von Dauer und Selbsterhaltungsfähigkeit akzeptieren.

Ganz und gar aber stellt der teleologische resp. Neovitalismus diese innere Erscheinungsseite des Lebens in den Vordergrund und findet geradezu in diesem psychischen Komponenten des Lebens seine Schlupfwinkel.

Und gerade diese naturwissenschaftlich unzugänglichen Höhen und unergründlichen Tiefen des Lebens, wo der Vitalismus einsetzt, stellen die eigentlichen Kriterien des Lebens dar, trennen die organische von der anorganischen Welt und werden selbe für uns Lebewesen auch immer trennen.

Ad V) Und wollten wir nun die oben aufgestellte fünfte Frage beantworten: Zu welcher Weltanschauung uns die wissenschaftliche Erforschung des Lebens führt? so müssen wir rückhaltslos anerkennen, dass der teleologische Vitalismus, insofern es sich um den Entwurf einer Weltanschauung handelt, entschieden und in erster Reihe herangezogen werden muss. Gerade die wissenschaftliche Deutung, welche, wie gesehen, bloss eine biomechanische sein kann, drängt uns dazu, hier einerseits den psychischen Komponenten des Lebens im vollsten Mafse zu berücksichtigen, andererseits all die Prinzipien und Kategorien, welche bei der Deutung des Lebens unberücksichtigt bleiben müssen, bei der Konstruktion unserer Weltanschauung zur Geltung kommen zu lassen.

Und wenn wir als Physiologen und Biologen bei der Erklärung und Deutung des Lebens die Psyche und den teleologischen Vitalismus resp. die Zweckmäfsigkeit als formal-logisches und ethisches Prinzip unberücksichtigt lassen mussten, so werden wir als Psychologen und Philosophen, insofern es sich um die Gestaltung einer Weltanschauung handelt, gerade diese Komponenten und Prinzipien zur Geltung kommen lassen und so eine teleologisch vitalistische, oder kurz, eine vitalistische Weltanschauung entwerfen.

Die biomechanische Deutung des Lebens gehört der Physiologie, die dem Vitalismus zu Grunde gelegte psychische Komponente der Psychologie an.

Als Physiologen und Biologen werden wir daher eine biomechanistische Deutung des Lebens, als Psychologen und Philosophen eine vitalistische Weltanschauung als gerechtfertigt erscheinen lassen.

Von grundverschiedenen Standpunkten aus vertreten wir daher hinsichtlich des Vitalismus eine grundverschiedene, einander gegengesetzte Auffassung und nehmen hierdurch den Biologen und Philosophen gegenüber eine gewissermafsen abweichende Stellung ein.

Die Mechanisten verwerfen den Vitalismus ohne aber ganz klar und deutlich ihr Vorgehen zu motivieren.

Die Vitalisten akzeptieren den Vitalismus, scheinen mir aber die Stellung desselben einerseits zur Biologie, andererseits zur Philosophie nicht genügend deutlich auszudrücken.

Unter den Biologen scheint mir bloss Weismann eine der hier entworfenen insofern ähnliche Auffassung zu vertreten, als er als Mechanist dringend fordert, dass die mechanistische Naturauffassung mit einer teleologischen Weltauffassung verbunden werden müsse.

Und unter den Philosophen erklärt sich E. v. Hartmann — einer der eifrigsten Vitalisten — eigentlich auch bloss vom Standpunkte der Naturphilosophie aus als Vitalist, indem er[1]) sagt: „Insofern der Naturforscher nebenbei auch Mensch und als Mensch mehr oder weniger Philosoph ist, kann auch er sich der finalen Naturbetrachtung gar nicht entziehen, obwohl sie ihm als Naturforscher nicht Ziel, sondern höchstens heuristisches Mittel sein darf. Nur wer sich dem Irrtum hingibt, als ob die naturwissenschaftliche Naturbetrachtung die einzig erschöpfende ist, kann auf den Gedanken kommen, der Finalität jede kategoriale Bedeutung für die Natur überhaupt absprechen zu wollen.“

Und so möchte ich nun die beiden Fragen hinsichtlich der Deutung und der allgemeinen Betrachtung des Lebens ganz scharf trennen. Die Deutung des Lebens gehört in die Biologie, da als Aufgabe der Biologie die Erforschung und Deutung des Lebens zu betrachten ist, die Deutung aber im Zurückführen auf allgemeine Gesetzmäfsigkeiten besteht. Und hier muss von einer Einmischung der Finalität ein für allemal abgesehen werden. Die allgemeine Betrachtung des Lebens hingegen muss, insofern es sich hiebei um den Entwurf einer Weltauffassung handelt, in das Gebiet der Psychologie resp. Naturphilosophie verlegt werden und hier muss dann

---

[1]) E. v, Hartmann: l. c. p. 422.

gerade die Finalität resp. die teleologische Betrachtung eine vorsichtige kritische Anwendung finden.

Je nach dem Standpunkte wechselt daher unsere Aufgabe. Die Deutung des Lebens gehört der Biologie an und hat mit der Finalität, resp. mit dem Vitalismus nichts zu tun. Bei der Betrachtung des Lebens im allgemeinen und namentlich bei dem Entwurf einer Weltanschauung hingegen muss sich die Biologie mit der Naturphilosophie verbinden und hier hat dann die Finalität resp. der Vitalismus als psychologische resp. philosophische Kategorie seine vollste Berechtigung.

Möge sich daher die Biologie als Naturwissenschaft bei der Erforschung und Deutung des Lebens ihre Rechte streng wahren und jedes Einmischen seitens der Philosophie und seitens des Vitalismus energisch zurückweisen, hingegen bei der allgemeinen Betrachtung des Lebens resp. beim Entwurf einer Weltanschauung der Naturphilosophie friedlich die Hand reichen und auch die durch letztere gewonnenen Kategorien und Prinzipien, namentlich die Finalitätskategorie und das vitalistische oder Lebensprinzip unbedingt und im vollsten Maße berücksichtigen. Und bloss im letzteren Sinne kann Hartmann Recht haben, wenn er (p. 379) sagt: „Es dämmert die Einsicht, dass die Lehre vom Leben nur eine aus Naturphilosophie und Naturwissenschaft gemischte Disziplin sein kann, wenn sie nicht ihres Namens spotten will."

Werden wir daher durch das Studium des Lebens geradehin dazu gedrängt, naturphilosophisch ein Lebensprinzip anzunehmen, so scheint es uns doch ganz und gar unberechtigt, selbes Lebensprinzip auch auf das anorganische Geschehen zu übertragen, um hierdurch eine monistische Weltanschauung aufbauen zu können. Denn tut man das, so verlässt man schon das Gebiet der Naturphilosophie, betritt das Gebiet spekulativer Philosophie resp. der Dichtung und des Glaubens und hier kann man dann als Poet die Flügel seiner Phantasie frei schwingen lassen. Hier kann man sich dann mit Haeckel vorstellen, dass selbst den Atomen ein Bewusstsein, eine Seele zukommt; hier kann man das Bewusstsein des Menschen aus dem hypothetischen Bewusstsein der Atome ohne geringste Schwierigkeiten phylogenetisch ableiten, hierdurch eine rein monistische Weltanschauung aufbauen und sich an dieser rein mechanistischen Weltanschauung ergötzen.

Vom spekulativ-philosophischen Standpunkte aus kann selbst gegen die extremsten Formen des Vitalismus und des Materialismus nichts einzuwenden sein. Vom spekulativ-philosophischen Standpunkte aus hat auch die rein spekulativ-vitalistische Weltanschauung ihre volle Berechtigung. Spekulativ-philosophisch kann das Unerkenn-

bare, das Unerforschliche vom Leben sehr wohl in dem Mantel einer mystischen Lebenskraft gehüllt und verallgemeinert werden um eigentlich noch weniger erkenntlich und verständlich zu werden.

Die Biologen und Naturphilosophen aber, denen es sich um Ergründung der Wahrheit und um eine rein wissenschaftliche Deutung und naturphilosophische Auffassung des Lebens handelt, mögen sich nicht in Spekulationen einlassen und mögen von einer Lebenskraft im spekulativen Sinne ein- für allemal absehen.

Und hierin tritt der enorme Unterschied der empirisch-naturwissenschaftlichen resp. naturphilosophischen und der spekulativ-philosophischen Forschungsmethode klar vor Augen.

Möge also die Naturwissenschaft und speziell die Biologie vom Leben mechanistisch und biologisch deuten, was zu deuten ist, doch nicht alles deuten wollen und stets vor Augen haltend, dass Gleiches mit Gleichem, Leben mit Leben in seinem ganzen Umfange nicht erforscht, geschweige denn gedeutet werden könne, sich naturphilosophisch zu einer nüchternen vitalistischen Weltanschauung erheben.

Die Biologie als Naturwissenschaft möge die ihrer Forschung gesteckten Grenzen respektieren, in keine tiefsinnigen und abergläubischen Spekulationen verfallen und die immer wahren Worte Goethes beherzigen, wonach die höchste Befriedigung doch sei, „das Erforschliche erforscht zu haben und das Unerforschliche ruhig zu verehren“.

*　*
*

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, dass ausser dem mechanistisch und biologisch Deutbaren vom Leben noch die inneren Erscheinungen, die Potenzen vom Leben übrig bleiben, welche sich in der Anpassung, in der Erhaltung, in den psychischen Fähigkeiten des Lebens äussern, kurzweg die treibende Feder des Lebens selbst bilden und auf die Variabilitäts- und Evolutionserscheinungen des Lebens Licht werfen, welche aber nicht zu erforschen, nicht zu deuten sind.

Nimmt man nun hier das Walten einer Lebenskraft an, so fragt es sich, ob vielleicht diese Lebenskraft als eine von den übrigen Naturkräften verschiedene Naturkraft aufzufassen wäre und demnach vom naturphilosophischen Standpunkte aus die Annahme eines prinzipiellen Unterschiedes zwischen Leben und Leblosem zu rechtfertigen vermöchte.

Und auch hier müssten wir eine entschieden verneinende Antwort geben und den Anpassungskräften des Lebens die Anpassungskräfte der leblosen Substanz, d. i. der Vis vitalis die Affinitäten der Chemie und Physik entgegenhalten.

Und gleichwie die Erscheinungszustände der Materie eine fortlaufende Kette bilden und als tote Materie — Scheintod resp. poten-

tielles Leben — und Leben im vegetativen, animalischen, psychischen Zustande bezeichnet werden, gerade so werden wir auch diesen verschiedenen Erscheinungszuständen entsprechend verschiedene Kräfte anerkennen müssen, welche gleichfalls eine fortlaufende Serie repräsentieren und auch nicht scharf von einander zu trennen sind und als Relationen — Affinitäten — Instinkte — psychische Potenzen bezeichnet werden.

Und gleichwie die Lebenskräfte die treibenden Kräfte der Weiterentwickelung und der Vervollkommnung der Lebewesen darstellen und die Erscheinungen der Anpassung, Vererbung, Variabilität und Deszendenz bedingen, ebenso führen auch die Affinitäten zu einer gegenseitigen Anpassung, Variabilität der leblosen Materieteilchen, was zu einer gewissen Vervollkommnung auch seitens der leblosen Substanz führt.

Scheinen schon diese Überlegungen für das Bestehen einer gewissen Evolution auch auf anorganischem Gebiete zu sprechen, so sind es doch vor allem die neueren epochemachenden Befunde bei den radioaktiven Substanzen, welche auch die letzten Schranken zwischen der anorganischen und organischen Welt niederzureissen scheinen. Denn wenn im Gegensatze zu der älteren Annahme von einer Stabilität der Elemente neuestens zweifellos nachgewiesen wurde, dass selbst Elemente entwickelungs- und umwandlungsfähig sind, indem beispielsweise die Umwandlung von Radium in Helium (Ramsay, Soddy) fest begründet und anerkannt ist, stehen wir da nicht vor einer Revolution auf anorganischem Gebiete, welche Jahrhunderte lang bestehende Auffassungen vernichtet, welche der Evolution auch im Bereiche anorganischen Geschehens mehr und mehr Recht verschafft und die Kluft zwischen Leben und Leblosen zu überbrücken scheint? Und tragen nicht auch diese Befunde dazu bei, die Grenzen zwischen Lebendem und Leblosen mehr und mehr verwaschen erscheinen zu lassen und prinzipielle Unterschiede zwischen organischen und anorganischen Geschehen endgiltig zu leugnen?

Kurz, von verschiedenen Standpunkten aus betrachtet repräsentiert sich uns das Leben verschieden. In qualitativer Hinsicht sind selbst sonst nichtssagende Einzelerscheinungen, z. B. die Bewegung und morphologische Merkmale gewissermafsen für die Lebewesen bezeichnend und bilden die Grundlagen der Art, Familien und individuellen Erscheinungen. Von physiologischem resp. biologischem Standpunkte aus ist der als Metabolismus bezeichnete Symptomkomplex für das Leben charakteristisch und unterscheidet namentlich durch die Produktion von Eiweissstoffen und durch die Bildung neuen Lebens die lebende von der leblosen Materie. Von allgemein naturwissenschaftlichem Standpunkte aus fällt auch die Selbsterhaltung als Kriterium des Lebens weg, da ja dieselbe auch bei anorganischen Prozessen, beispielsweise beim Feuer zutage tritt und hier wird dann

von naturphilosophischer Seite die Lebenskraft als Kriterium des Lebens in den Vordergrund gerückt, welche die treibende Feder des Lebens darstellt, sich in dem Zweck oder den Willenshandlungen des psychischen Lebens äussert und die Variabilitäts- und Evolutionserscheinungen bedingen soll. Doch auch diese Kraft wird, ganz allgemein ausgedrückt, kein Kriterium des Lebens darstellen, da dieser Kraft gewisse Qualitäten der anorganischen Natur, so die Affinitäten der Chemie und Physik gegenübergestellt werden können und all diese Potenzen (Affinitäten, Tropismen, Instinkte, Reflexe, psychische Fähigkeiten) nicht scharf gegen einander zu trennen sind. Berücksichtigt man endlich, dass auch die Affinitäten zu einer Art Anpassung, Variabilität und Vervollkommnung der leblosen Materieteilchen führen und dass die neuestens vertretene Ansicht von einer Umwandlung resp. Entwickelungsfähigkeit der Elemente auch der Evolution, als einem Kriterium des Lebens den Boden schwankend macht, so müssen wir einsehen, dass sich die Merkmale des Lebens den verschiedenen Standpunkten entsprechend ganz verschieden gestalten.

Den verschiedenen Standpunkten resp. den verschiedenen Disziplinen entsprechend wechseln auch die Kriterien des Lebens. Je höher der Standpunkt, den wir bei der Beurteilung des Lebens einnehmen, umsomehr verallgemeinern sich die Kriterien des Lebens und von ganz allgemein philosophischem Standpunkte aus gelangt man schliesslich dahin, durchgreifende Unterschiede zwischen Lebendem und Leblosem, organischem und anorganischem Geschehen ganz zu leugnen.

